

Virtuaalitodellisuuslasien hyödyntäminen aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa

Integroiva kirjallisuuskatsaus

Erkka Huhtinen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2017
Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
Fysioterapian koulutusohjelma

Tekijä(t) Huhtinen, Erkka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2017
	Sivumäärä 67 + 19	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Virtuaalitodellisuuslasien hyödyntäminen aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa		
Tutkinto-ohjelma Fysioterapian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Vehmaskoski, Kari & Kuukkanen, Tiina		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Aivoverenkiertohäiriön kuntoutus vaatii monien eri ammattiryhmien yhteistyötä, mikä tekee siitä kuormittavaa ihmisresurssien kannalta. Tämän lisäksi kuntoutuksen pitkäjänteisyys ja oirekuvan tyypillinen monipuolisuus on tehnyt siitä potentiaalisen kohteen erilaisille teknologisille kuntoutusvaihtoehdoille. Virtuaalitekniologiaa on käytetty yleisesti neurologisessa kuntoutuksessa jo pitkään. Sen hyötyinä pidetään sen pelillistä motivointia, jonka avulla on saatu lisättyä perinteisen terapeuttisen harjoittelun intensiteettiä. Nykyisellä virtuaalitekniologialla kyetään luomaan hyvin todentuntuista virtuaaliympäristöjä, jolloin puhutaan virtuaalitodellisuudesta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mihin tätä uutta teknologiaa, virtuaalitodellisuuslaseja, on käytetty aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen liittyvässä toiminnassa ja minkälaisia tuloksia niiden avulla on saatu.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin integroivana kirjallisuuskatsauksena. Mukaan valikoitui yhteensä 18 tutkimusta. Näistä 14 oli aivoverenkiertohäiriökuntoutujille tehtyjä tutkimuksia. Näiden lisäksi neljä tutkimusta otettiin mukaan sovellettavissa olevina ja niiden kautta selvitettiin virtuaalitodellisuuslasien muita potentiaalisia käyttökohteita.</p> <p>Tutkimustuloksena ilmeni, että virtuaalitodellisuuslasien käyttö on ollut monipuolista sisältäen oirekuvien kuntoutusta, arviointia sekä aivoverenkiertohäiriöön liittyvää tutkimusta. Virtuaalitodellisuuslaseilla on potentiaalia erityisesti neglect-oireen arvioinnissa sekä arkielämään liittyvien simulaatioiden osalta kognitiivisessa kuntoutuksessa. Käyttöön kuitenkin liittyy vielä osittain epäselviksi jääviä asioita, kuten virtuaalitodellisuuslasien ajoittain aiheuttama kyberpahoinvointi. Tämän esiintyvyys on kuitenkin hyvin marginaalista ja käyttäjäkokeemukset ovat pääosin positiivisia. Virtuaalitodellisuuslasien hyödyntäminen tulee varmasti olemaan jatkotutkimuksien aiheena teknologian kehittyessä.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat) virtuaalitodellisuus (YSO), virtuaalitodellisuusterapia (MeSH) virtuaaliympäristö (YSO), immersio (MeSH), kuntoutus (MeSH), aivoverenkiertohäiriö (MeSH)</p>		
<p>Muut tiedot virtuaalitodellisuuslasit</p>		

Author(s) Huhtinen, Erkka	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2017
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 67 + 19	Permission for web publication: x
Title of publication Use of head mounted display in stroke rehabilitation		
Degree programme Degree Programme in Physiotherapy		
Supervisor(s) Vehmaskoski, Kari & Kuukkanen, Tiina		
Assigned by		
<p>Abstract</p> <p>Stroke rehabilitation requires multidisciplinary cooperation, which makes it demanding regarding the human resources. In addition to this, due to the long-term goals of stroke rehabilitation and the wide variety of different symptoms, it is a potential opportunity for different kinds of technological rehabilitation methods.</p> <p>Virtual technology has been used in neurological rehabilitation for a long time, and its benefits have been considered to be its game-like motivation, which has increased the intensity of traditional rehabilitation. It is possible to create very realistic virtual environments with the new virtual technology, in which case it can be considered virtual reality. The purpose of the thesis was to examine the various uses of this new virtual technology, namely the head mounted displays, in stroke rehabilitation and its results.</p> <p>The thesis was implemented as an integrated literature review. 18 studies were included in the study, and 14 of these were about stroke rehabilitation. In addition, four studies were selected because of their applicability, and they were used for reviewing other potential opportunities for using the head mounted displays.</p> <p>According to the findings of the study, head mounted displays have been used in versatile ways including rehabilitation, assessment and stroke-related research. Head mounted displays have potential especially in the assessment of the neglect symptom and with the daily-life simulations in cognitive rehabilitation. On the other hand, there are still somewhat unclear issues regarding this technology, for instance, the occasional cyber sickness caused by the use of the head mounted displays. The incidence of cyber sickness is, however, very marginal, and the user experiences are mostly positive. Head mounted displays are probably going to be researched more as the technology advances.</p>		
Keywords/tags (subjects HYPERLINK "http://vesa.lib.helsinki.fi/") Virtual reality (YSO), virtual reality exposure therapy (MeSH), virtual environment (YSO), immersion (MeSH), rehabilitation (MeSH), stroke (MeSH)		
Miscellaneous head mounted display		

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Virtuaalitodellisuus.....	5
2.1	Mihin virtuaalitodellisuusteknologia perustuu?	10
2.2	Immersio.....	11
2.3	Virtuaalitekniikan jaottelu immersion mukaan	12
2.4	Virtuaalitodellisuuslasit (HMD – head mounted display)	15
2.5	HMD vs. CAVE.....	18
3	Aivoverenkiertohäiriö (AVH).....	20
3.1	Aivojen rakenne ja toiminta	21
3.2	Neuropsykologiset oireet	23
3.3	Aivojen plastisuus ja aivoverenkiertohäiriön kuntoutus.....	25
4	Virtuaalisuus kuntoutuksessa	27
5	Tutkimus	29
5.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite.....	29
5.2	Tutkimusmenetelmä	30
5.3	Tiedonhankinta.....	31
5.4	Aineiston analyysi.....	36
5.5	Tutkimustulokset.....	40
5.6	Tutkimustulosten pohdinta	46
6	Pohdinta.....	56
6.1	Tutkimuksen laatu ja luotettavuus.....	57
6.2	Jatkotutkimusaiheet	59
	Lähteet	60
	Liitteet.....	68

Kuviot

Kuvio 1. Sekoitettu todellisuus - Mixed reality, MR (suomennettu Milgram & Kishino 1994, 1321).....	8
Kuvio 2. Läsnaolon metafora (suomennettu Milgram & Kishino 1994, 1327)	8
Kuvio 3. Todellisuudesta todellisuuteen - virtuaalisuuden paradoksi	9
Kuvio 4. Virtuaalitekniologian jaottelu immersion mukaan (muunneltu Milgram & Kishino 1994, 1327).....	14
Kuvio 5. HTC Vive virtuaalitodellisuuslasit (HTC Vive image gallery n.d.).....	16
Kuvio 6. Virtuaalimaailman näkymän erot HMD, CAVE ja WoW -ratkaisuiissa (perustuen Sherman & Craig 2003, 130).....	18
Kuvio 7. Tiedonhakuprosessi koko aineiston näkökulmasta	36
Kuvio 8. HMD-laitteiston käyttökohteet	40
Kuvio 9. Esimerkkejä virtuaaliympäristöistä (Gamito ym. 2012, 364)	49
Kuvio 10. Virtuaalimaailma ja tutkimusasetelma (Aravind & Lamontagne 2014, 3)...	51
Kuvio 11. Kuntoutujan kehitysehdotukset virtuaaliseen työpisteeseen (Budziszewski ym. 2016, 371).....	54

Taulukot

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit	32
Taulukko 2. Tutkimushaku tietokannoista	33
Taulukko 3. Laitteiston luokittelu.....	38
Taulukko 4. Taulukon 3. värikooditus sivuvaikutusten mukaan	38
Taulukko 5. Tutkimusten luokittelu soveltuvuuden mukaan.....	39

1 Johdanto

Aivoverenkiertohäiriö koskettaa vuosittain kymmeniä tuhansia suomalaisia. Oireisiin liittyy motoristen halvausoireiden lisäksi laaja-alaisia neuropsykologisia oireita. Tämä monimutkainen ja yksilöllinen oirekuva tekee sen kuntouttamisesta haastavan ja pitkäjänteisen prosessin, vaatien monipuolista työtettä usean eri ammattiryhmän kesken. (Jehkonen, Nurmi & Nurmi 2015, 182-183.) Aivoverenkiertohäiriön kuntouttaminen on moniammatillista yhteistyötä, johon osallistuu neuropsykologien, lääkärin ja hoitajien lisäksi fysio-, toiminta- ja puheterapeutteja. Jokainen ammattiala keskittyy toiminnassaan omaan erikoisosaamiseen, jolloin aivoverenkiertohäiriöpotilaan toimintakykyä kuntoutetaan monipuolisesti. Teknologia nähdään jatkuvasti merkityksellisempänä, kiinnostavampana ja tärkeämpänä osana tätä kuntoutustoimintaa. Erilaisten videopelimäisten kuntoutusmuotojen hyödyt on nähty erityisesti neurologisessa kuntoutuksessa jo pitkään - ne nähdään motivoivana, viihdyttävänä ja monipuolisena osana perinteistä terapeutista harjoittelua (Langan, Subryan, Nwogu & Cavuoto 2017).

Nykyaikaisella teknologialla kyetään luomaan hyvin realistisia virtuaaliympäristöjä. Näiden virtuaaliympäristöjen visuaalinen havainnointi voidaan toteuttaa virtuaalitodellisuuslaseilla, jolloin ihminen kokee kyseisen virtuaaliympäristön todentuntuksena. Näin voidaan simuloida esimerkiksi kuntoutujan kotiympäristöä, jolloin kuntoutuksen siirtovaikutuksen voidaan toivoa olevan tehokkaampaa (Poutiainen & Nukari 2015, 453). Virtuaalitodellisuuslasien käyttöä on viime vuosina tutkittu aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa eri ammattiryhmien osalta. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata ja kartoittaa tämän uuden virtuaalitodellisuusteknologian käyttömahdollisuuksia kuntoutukseen liittyvässä toiminnassa. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda tietoa integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla virtuaalitodellisuuslasien hyödyntämisestä aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa, oirekuvien arvioinnissa sekä sairauteen liittyvässä tutkimuksessa.

Virtuaalitodellisuuslasit liittyvät suurempaan virtuaaliteknologian käsitteeseen ja tämän teknologian kehitykseen liittyy pitkä historiallinen jatkumo. Opinnäytetyössä pyritään perustelemaan, miksi juuri nyt kyseiseen HMD-teknologiaan on syytä kiinnittää huomiota myös kuntoutusnäkökulmasta ja miten tämä laite eroaa muusta virtuaaliteknologiasta. Opinnäytetyössä avataan aivoverenkiertohäiriön neurologista perustaa aivojen rakenteen, vaurioiden sijainnin ja lopulta niiden plastisuuden näkökulmasta. Viimeisimpänä asiana teoriaosuudessa tuodaan esille virtuaaliteknologian hyödyntämisestä kuntoutuksessa yleisesti, ottaen huomioon myös muita kuntoutuskohteita kuten Parkinsonin taudin ja post-traumaattisen stressioireyhtymän. Tämä kiteyttää aiemmin tuotua teorial tietoa, esitellen HMD-järjestelmän käyttöä sosiaali- ja terveysalalla; luoden näin pohjaa opinnäytetyön tutkimusosalle, jossa tarkennetaan tätä tarkastelua kirjallisuuskatsauksella aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen. Opinnäytetyö ei käsittele aivoverenkiertohäiriön kuntoutusta spesifisti fysioterapian näkökulmasta, vaan suhtautuu siihen monien eri ammattiryhmien yhteisenä toimintana.

2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) on kiehtonut tutkijoita jo pitkään ja sen mahdollistava teknologia on ollut kehityksessä vuosikymmeniä. Ensimmäisinä versioina voidaan nimetä muun muassa Morton Heiligin vuonna 1956 luoma elämyslaite Sensorama (Sherman & Craig 2003, 25). Virtuaalitodellisuuteen käsitteeseen liittyy paljon erilaisia taustateorioita ja jopa tutkijoiden eriäviä näkemyksiä. Ennen virtuaalitodellisuuden käsitteen tai siihen liittyvän laitteiston avaamista on kuitenkin hyödyllistä pohtia todellisuuden sekä virtuaalisuuden ominaisuuksia. Todellisuuden ja virtuaalisuuden filosofinen tausta luo pohjan virtuaalitodellisuuden luomiselle. Virtuaalitodellisuutta voidaan yrittää avata teknologian immersiivisyyden ja tämän tuoman psykologisen läsnäolon tunteen avulla. Konkreettisempi tapa lähestyä käsitettä on vertailla sen mahdollistavaa teknologiaa immersion näkökulmasta. Se, mitä luokitellaan virtuaalitodellisuusteknologiaksi, on aiheuttanut paljon keskustelua vuosien aikana (Brooks 1999 16-20). Tähän on vaikuttanut sen aikaisen teknologian taso, ikään kuin siihen aikakauteen suhteutettuna reaali-teettina mikä on sillä hetkellä ollut mahdollista toteuttaa. Teknologian kehittyessä voidaan olettaa myös virtuaalitodellisuuden määritelmän tarkentuvan sen aikaisen teknologian mukaan. Tässä työssä pyritään suhteuttamaan tämänhetkisen teknologian tuomat mahdollisuudet ja näiden kautta pohtia, mitä virtuaalitodellisuus tarkoittaa nykypäivänä.

Todellisuuden määritelmä on kiusannut filosofiä kautta aikain ja sen peruspiirteet ovat tärkeitä virtuaalitodellisuuden ymmärtämiselle. Wright ja muut esittävät Platonin luolavertauksen virtuaalitodellisuuteen liittyvän tuotoksen yhteydessä (Wright, Creem-Regehr, Warren, Anson, Jeka & Keshner 2014, 72). Luolavertauksessa vangit on kahlittu syvälle luolaan niin, etteivät he kykene kääntämään päätänsä ja näkevät vain luolan takaseinän, johon heijastuu heidän takanaan olevan nuotion luomat varjot. Vankien todellisuus rajoittuu näiden varjojen luomiin kuviin sekä luolassa kaikuviin ääniin. Heille seinään projektoituvat varjot ovat todellisuutta. Heillä ei ole tietämystä todellisuuden oikeasta olemuksesta (Platon, 1972). Eräänlainen virtuaalitekno-

logian muoto CAVE on saanut nimensä perustuen Platonin luolavertaukseen - virtuaalimaailma heijastetaan videotykin avulla huoneen seinämään, jolloin videotykki toimii ikään kuin luolavertauksen nuotiona (Wright ym. 2014, 72).

Michael R. Heimin mukaan virtuaalisuuden muinaisen historian ymmärtäminen antaa ymmärryksen viimeisen 30 vuoden virtuaalitodellisuusteknologisen kehityksen taustalla. Sanasta virtuaalisuus tulee kuulijalle helposti mieleen teknologia, vaikka sanan alkuperäinen merkitys on noussut antiikin Roomassa latinan sanasta *vir* – tarkoittaen miehistä voimaa ja valtaa. Kristitty oppinut Thomas Aquinas muutti sanaa vuonna 1250 sen roomalaisesta voimallisesta merkityksestä sanaan *virtualiter*, toimiakseen vastakohtana todelle - *essentialiter*. Myöhemmin Italian renessanssin aikana palattiin enemmän sanan alkuperäiseen merkitykseen kristillisessä ulkoasussa *virtu*. (Heim 2014, 111-112.)

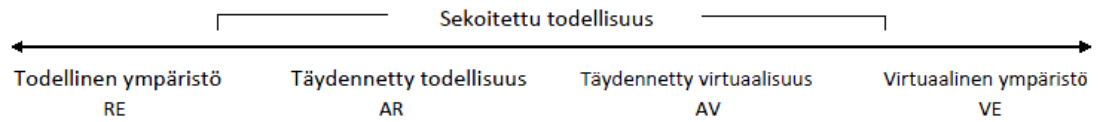
Nykyinen englanninkielinen ilmaus *virtual* on lainattu ranskan kielen sanasta *virtuel*. Nykymuodossaan virtuaalisuus tarkoittaa esillä olevaa, mutta ei yleisesti tunnustettua. Jotain voi olla virtuaalisesti, mutta ei oikeasti esillä. (Heim 2014, 111-112.) Nykyään esimerkiksi tuoli voidaan esittää kolmiulotteisesti digitaalisessa ympäristössä jolloin tuoli itsessään ei ole totta, mutta ihmisen visuaalinen aistihavainto siitä on. Massumin mukaan perustuen Deleuzen filosofiaan virtuaalinen on vain eri tavalla tosi (Massumi 2014, 53). Deleuzen mukaan on olemassa useita tosia ja virtuaaliselta puuttuu toden aktuaalinen olemus (Nusselder 2014, 75). Tämän näkemyksen mukaan esimerkissä esitetty tuoli olisi tosi, mutta eri tavalla kuin sen aktuaalinen versio. Heimin mukaan teknologian tuominen mukaan virtuaalisuuden käsitteeseen on uusi, nykyaikainen ilmiö (Heim 2014, 111-112). Kotimaisten kielten keskuksen ylläpitämän sanakirjan mukaan sana virtuaalinen tarkoittaa tietokoneen luomien aistimusten avulla todentuntuiseksi luotua (Kotimaisten kielten keskus 2017), mikä muistuttaa jo virtuaalitodellisuuden määritelmää. Shermanin ja Craigin (2003, 5) mukaan virtuaalisuus kattaa käytännössä kaiken tarinan kerronnan aina luolamaalauksista teknologiseen havainnollistamiseen.

Virtuaalitodellisuuden tavoitteena on luoda virtuaalinen ympäristö, jota käyttäjä ei kykenisi erottamaan todellisesta (Gutiérrez, Vexo & Thalmann 2008, 3). Aivan kuten

Platonin luolavertauksessa, ihmisen kokemus todellisuudesta on hänen aistiensa varassa. Virtuaalitodellisuus on siis keinotekoisesti luotu vaihtoehtoinen ympäristö, jossa ihminen altistuu niille ärsykeille, jotka järjestelmän tekijä on luonut virtuaalisesti ja henkilö kokee sen jollain asteella totena. Virtuaaliympäristö (virtual environment, VE) on osa virtuaalitodellisuuden käsitettä. Käsitteinä ne ovat niin lähellä toisiaan, että niitä pidetään ajoittain samana asiana (Mazuruk & Gervauz 1996, 1). Sherman ja Craig (2003, 7) esittävät virtuaaliympäristön tarkoittavan sisältöä tietyssä tilassa. Heidän mukaansa virtuaaliympäristöä ei tarvitse kokea teknologisen laitteiston kautta, vaan se voidaan luoda esimerkiksi käsikirjoituksen kautta mielikuvituksen tuotteeksi. Virtuaalisuuden käsitettä avattaessa kuitenkin ilmeni, että teknologian merkitys virtuaalisuudelle on nykyaikana merkittävä, vaikka se on käsitteenä historian aikana kuvannutkin vastakohtaa tai vaihtoehtoa todelle (Heim 2014, 111-112), eikä määritelmää ole rajoitettu teknologiseen havainnollistamiseen. Virtuaalista ympäristöä voidaan kuvailla kirjassa sanoilla, mutta tietokoneella se voidaan simuloida esimerkiksi tietokoneen ruudulta nähtäväksi. Virtuaaliympäristö ei itsessään ole vielä virtuaalitodellisuutta. Virtuaalitodellisuus muodostuu, kun virtuaaliympäristö esitetään tarpeeksi immersiiivisesti, ja ihminen kokee olevansa siellä fyysisesti läsnä (Sherman & Craig 2003, 7).

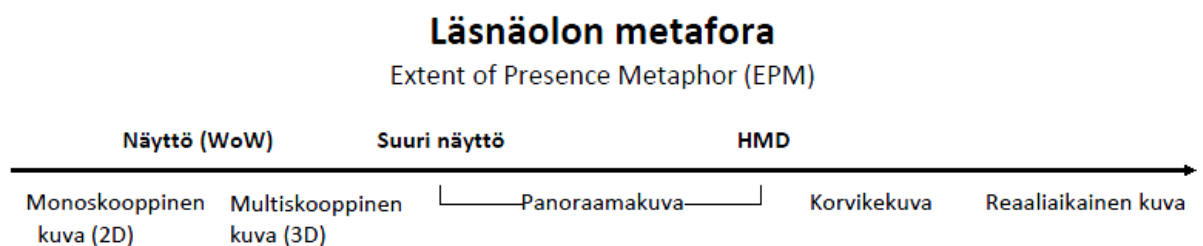
Virtuaaliympäristön immersiivinen esittäminen virtuaalitodellisuutena ei aina ole tavoitteena esimerkiksi simulaatioita luotaessa. Todellisen ja virtuaalisen ympäristön ero ei ole selkeä, vaan tähän rajapintaan sisältyy näitä yhdisteleviä käsitteitä. Todellisuudesta virtuaaliympäristöön siirtyminen tapahtuu asteittain teknologian avustuksella (Steed 2014, 430). Ilmiötä voidaan kuvata Milgramin ja Kishinon virtuaalisuuden jatkumona (kuvio 1), jossa todellisen ja virtuaalisen ympäristön välimaasto nimetään sekoitetuksi todellisuudeksi - mixed reality, MR. Kaaviossa todellisesta ympäristöstä virtuaaliseen siirryttäessä seuraavana askeleena on täydennetty todellisuus – augmented reality, AR. Täydennetyssä todellisuudessa todelliseen maailmaan lisätään virtuaalisia elementtejä teknologian avulla. Tästä seuraava askel virtuaaliseen ympäristöön on täydennetty virtuaalisuus – augmented virtuality, AV. Virtuaaliseen ympäristöön on tällöin lisätty todellisia elementtejä. Tätä voitaisiin kuvailla ei-immersiivi-

senä virtuaaliympäristönä. Ympäristön esittäminen pelkästään teknologian avulla kuvaa virtuaalista ympäristöä – virtual environment, VE. (Milgram & Kishino 1994, 1321; Gutiérrez ym. 3; Steed 2014, 430.)



Kuvio 1. Sekoitettu todellisuus - Mixed reality, MR (suomennettu Milgram & Kishino 1994, 1321)

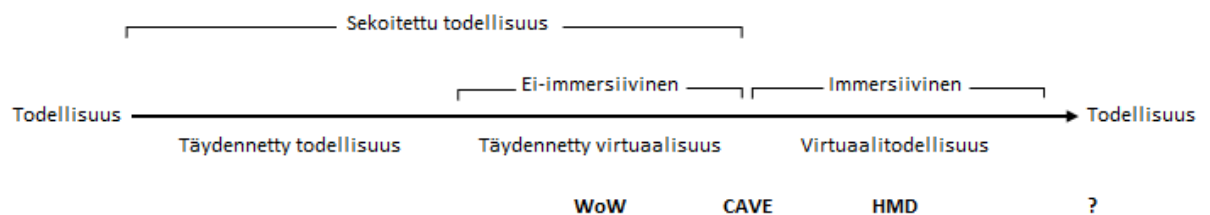
Kuten alussa mainittiin perustuen Shermanin ja Craigin määritelmään, virtuaaliympäristö ei itsessään ole vielä virtuaalitodellisuutta. Milgram ja Kishino (1994, 1327) tuovat esille myös käsitteen läsnäolon metafora – EPM (Kaavio 2). Kaaviossa kuvataan ihmisen läsnäolon tunteen lisääntymistä eritasoisen teknologian vaikutuksesta. Kaavio tuo oivallisesti esille ihmisen visuaalisen havainnoinnin merkityksen läsnäolon tunteelle ja kuinka näyttölaitteen kokoa tai tyyppiä muuttamalla virtuaalimaailma muuttuu todentuntuiseksi.



Kuvio 2. Läsnäolon metafora (suomennettu Milgram & Kishino 1994, 1327)

Virtuaalitodellisuudessa pyritään korvaamaan todellisuus virtuaalisella todellisuudella. Tätä ilmiötä Heim (2014, 111) kuvaa virtuaalisuuden paradoksiksi – mitä enemmän virtuaalisuus onnistuu tehtävässään, sitä merkityksettömämmäksi virtuaalisuus

muodostuu. Käytännössä tätä voidaan kuvata ihmisen kokemuksena virtuaaliympäristöstä: mitä todentuntuisempana ihminen pitää virtuaaliympäristöä, sitä enemmän virtuaalitodellisuudessa esiintyvä sana virtuaalinen menettää merkitystään. Virtuaalista tulee todellisuutta. Tätä abstraktia ilmiötä on kuvattu eri virtuaalitodellisuuteen liittyviä teorioita yhdistelevässä kuviossa 3, jossa virtuaalisuuden ja todellisuuden rajan mahdollisesti rikkovaa, vielä tuntematonta, tulevaisuuden teknologiaa kuvataan kysymysmerkillä. Milgram ja Kishinon (1994, 1322) alkuperäisen määritelmän mukaan virtuaalitodellisuuslasit eli HMD-järjestelmä kuuluisi vielä sekoitetun todellisuuden kategoriaan, sillä heidän mukaansa virtuaalitodellisuudessa ihminen on täysin immersoitunut totaalisen synteettisessä ympäristössä – asia jota on ehkä koskaan mahdotonta toteuttaa. Tämä kertoo hyvin virtuaalitodellisuuteen liittyvästä utopiasta, jota teknologian tuomat rajoitteet ovat murtaneet historiassa saatossa. Riva toteaa Jason Lanierin alkuperäisen virtuaalitodellisuuden määritelmän kuvanneen siihen käytettävää teknologiaa päähän puettavina virtuaalitodellisuuslaseina (HMD, head mounted display) ja sensorihanskoina, joissa on molemmissa yksi tai useampi liiketunnistin. Virtuaalitodellisuusteknologian alle lasketaan kuitenkin myös ei-immersiivisiä järjestelmiä vastoin sen alkuperäistä määritelmää. (Riva 2014, 650.) Myöhemmin tässä työssä vertaillaan eri teknologisten ratkaisujen mahdollistaman immersion syvyyttä ja luodaan näin rajanvetoa virtuaali- ja virtuaalitodellisuusteknologian välille.



Kuvio 3. Todellisuudesta todellisuuteen - virtuaalisuuden paradoksi

2.1 Mihin virtuaalitodellisuusteknologia perustuu?

Teknologian kehittyminen on mahdollistanut aina vain immersiiivisempien virtuaaliympäristöjen luomisen. Ihminen havainnoi ympäristöään aistien avulla, joten todellisuus ilmenee ihmiselle erilaisten sensoristen ärsykkeiden kautta (Sherman & Craig 2003, 10). Ihmisen aistit saattavat kuitenkin Wrightin ja muiden mukaan esittää todellisuuden virheellisenä, aivan kuten luolavertauksessa. He kuvaavat ilmiötä eräänlaisen junaesimerkin avulla: ihminen saattaa viereistä junaa tuijottaessaan kokea oman junan lähteneen liikkeelle, vaikka oma juna pysyisikin paikallaan ja liikkuvan junan ollessa viereinen (Wright ym. 2014, 72). Tämä osaltaan mahdollistaa virtuaalitodellisuuden luomisen, sillä sensorisen informaation ei tarvitse olla täydellistä ihmisen kokeakseen sen todeksi.

Mazyruk ja Gervautz (1996, 15) esittelevät Heiligin (1992, 279-294) teorian ihmisen aistien osuuksista ympäristön havainnoinnissa. Teoriasta voidaan päätellä, että jo pelkästään visuaalisen ja auditiivisen ympäristön korvaaminen mahdollistaa syvän immersion virtuaalisessa ympäristössä:

- näkö 70 %
- kuulo 20 %
- haju 5 %
- kosketus 4 %
- maku 1 %.

Käytännössä virtuaalitodellisuutta tavoiteltaessa korvataan ihmisen normaalit sensoriset ärsykkeet kuten näkö, kuulo ja tunto teknologisilla ratkaisuilla. Immersion kannalta tärkeimpänä sensorisena palautteena pidetään visuaalista ärsykettä, jonka vuoksi virtuaalitodellisuuden luomiseen on pääasiassa kehitelty erilaisia näyttölaitteita. Mitä enemmän näyttölaite korvaa laitetta käyttävän ihmisen näkökenttää virtuaalimaailmalla, sitä immersiiivisempi näyttölaite on (Bowman & McMahan 2007, 38; Kuvio 2). Ihmisen näkö tietoa käsittelee noin kolmannes aivokuoresta, mikä osaltaan kertoo visuaalisen informaation tärkeydestä (Poutiainen, Laari & Kauranen 2015, 105). Virtuaalitodellisuuden immersion syventämiseksi voidaan visuaalisen palutteen lisäksi tuottaa myös esimerkiksi tuoksua, ääniä sekä haptisia ärsykeitä

(Sherman & Craig 2003, 10; Salminen, Hiekkala & Stenberg 2016, 34). Virtuaalitodellisuudessa voidaan hyödyntää eräänlaisia sensorihanskoja, joilla voidaan luoda käyttäjälle tuntemus kosketuksesta virtuaalista esinettä manipuloitaessa. Tämä luo käyttäjälle tuntemuksen virtuaaliympäristöön osallistumisesta, mikä vielä itsessään syventää immersiota (Pedroli, Pallavicini, Serino, Cipresso, Giglioli & Riva 2016, 115-117).

2.2 Immersio

Ihmisen kokema immersio virtuaaliympäristöstä on tekijä, joka erottaa virtuaaliympäristön virtuaalitodellisuudesta – toisin sanottuna immersio luo virtuaaliympäristöstä virtuaalitodellisuuden. Calleja (2014, 224) vertailee Slaterin ja Wilburin sekä Witmerin ja Singerin määritelmää immersiota sekä läsnäolon tunteesta. Slater ja Wilbur kuvaavat immersiota teknologisten laitteiden ominaisuuksina. Läsnäolon tunteen he kuvaavat ihmisen psykologisena reaktiona näihin teknologian tuomiin ärsykkeisiin. Witmerin ja Singerin mukaan immersio tarkoittaa ihmisen objektiivista kokemusta jatkuvaan stimulusten sekä kokemusten virtaan, mikä muistuttaa Slaterin kuvausta läsnäolon tunteesta. Nykyaikainen näkemys seuraa Slaterin ja Wilburin määritelmää: immersio kuvaa teknologian ominaisuuksia ja läsnäolon tunne muodostuu ihmisen kokemuksesta, perustuen näiden teknologisten ominaisuuksien muodostamiin ärsykkeisiin (Gutiérrez ym. 2008, 3).

Sherman ja Craig (2003, 382) jakavat immersion mentaaliseen ja fyysiseen immersioon. Fyysinen tai sensorinen immersio tarkoittaa käyttäjän tunnetta fyysisestä läsnäolosta virtuaaliympäristössä: hän voi katsella ympärilleen päätään kääntämällä sekä liikkua ja vuorovaikuttaa virtuaalisessa ympäristössä. Määritelmä muistuttaa Slaterin ja Wilburin määritelmää läsnäolon tunteesta. Mentaalista tai psyykkistä immersiota voidaan kuvailla käyttäjän kokemuksena virtuaaliympäristöstä. Teoriassa täydellinen virtuaalitodellisuus on mahdollista saavuttaa, mutta käytännössä tämä vaatisi äärimmäisen kehittyntä teknologiaa. Immersion tasot Sherman ja Craig määrittelevät mentaalisen immersion mukaan:

1. **Ei immersiota:** Käyttäjä kokee ja tietää olevansa tietokoneen äärellä.
2. **Lievän syventymisen taso:** Käyttäjä uskoo tiettyihin asioihin ja esineisiin, mutta ei koe kuuluvansa itse virtuaaliympäristöön.
3. **Syventymisen taso:** Käyttäjä ei ajattele oikeaa maailmaa, vaan keskittyy vuorovaikutuksessaan virtuaaliympäristöön. Käyttäjä kykenee kuitenkin erottamaan todellisuuden sekä virtuaalitodellisuuden.
4. **Täysi mentaalinen immersio:** Käyttäjä kokee olevansa täysin virtuaaliympäristössä, ehkä jopa unohtaen olevansa kiinni tietokoneessa.

2.3 Virtuaalitekniikan jaottelu immersion mukaan

Työssä käytetään termiä virtuaalitekniikka perinteisen virtuaalitodellisuustekniikka-termin sijaan. Virtuaalitekniikka voidaan jaotella niiden luoman immersion mukaan. Karkein jaottelu tehdään immersiiivisten ja ei-immersiiivisten laitteiden välillä (Parsons, Gaggioli & Riva 2017, 3). Perinteistä pöytäkoneratkaisua kutsutaan nimityksellä Window on World – WoW, jolloin tietokoneen näyttö toimii ikään kuin ikkunana virtuaalimaailmaan (Mazuruk & Gervautz 1996, 5). Nykyisin esimerkiksi television ruudulta pelattavaa Wii-pelikonsoliin sisältyvää Wii Fit -tasapainolautaa pidetään eräänlaisena virtuaalitodellisuuden muotona kuntoutusalan tutkimuksissa (Saposnik, Teasell, Mamdani, Hall, MCIlroy, Cheung, Thorpe, Cohen & Bayley 2010; Gatica-Rojas & Méndez-Rebolledo 2014). Tämä ei luo riittävää immersiota virtuaalitodellisuuden luomiseksi. Parsonin ja muiden (2017, 3) mukaan WoW-ratkaisu ei ole virtuaalitodellisuutta laitteiston puolesta, mutta toteavat Slaterin ja Wilburin (1997, 606-616) immersion määritelmään perustuen olevan kyse ihmisen objektiivisesta, psykologisesta kuulumisen tunteesta. Virtuaalitodellisuuden voidaan siis olettaa olevan kirjaimellisesti katsojansa silmissä.

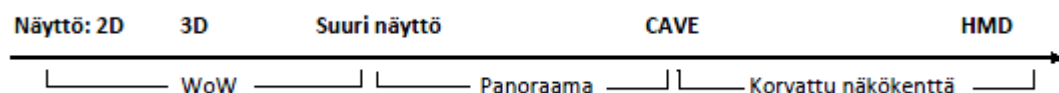
Oman näkemykseni mukaan tietokoneen ruutu ei luo ihmiselle virtuaalimaailmaan fyysistä siirtymisen tunnetta, vaan käyttäjä tarkastelee silloin virtuaalimaailmaa todellisesta maailmasta. Esimerkki tästä on helppo löytää arkisesta elämästä: ikkunasta ulos katsoessaan ihminen ei koe olevansa ulkona. Tätä immersion puutetta pidetään usein perusteluna rajanvedossa virtuaalitodellisuusteknologiaa määriteltäessä (Brooks 1999, 17). Shermanin ja Craigin (2003, 381) mukaan fyysisen läsnäolon tunne on tekijä, joka erottaa virtuaalitodellisuuden muusta mediasta. Milgramin ja Kishinon (1994, 1321) teoriaan pohjautuen tarkin kuvaus Wii-pelikonsolin sijoittumisesta virtuaalisuuden jatkumossa olisi täydennetyn virtuaalisuuden kohdalla, sillä siinä yhdistetään todellisia elementtejä virtuaalimaailmaan ilman syvempää immersiota.

Eräänlaisessa Fish Tank -ratkaisussa käyttäjä on tietokoneen ääressä ja käyttäjän näkymä muuttuu pään liikkeiden mukaan syventäen virtuaalimaailmaan todentuntuisuutta (Mazuruk & Gervautz 1996, 5). Nimensä mukaisesti Fish Tank -ratkaisu muistuttaa akvaarioon katsomista. Systeemissä luodaan syvyysvaikutelma, jolloin ihminen voi päättään siirtämällä katsoa ruudulla näkyvien esineiden taakse (Sherman & Craig 2003, 140). Fish Tank -ratkaisun kolmiulotteisuus (3D) luo siitä hivenen immersiiivisemmän ratkaisun perinteiseen kaksiulotteiseen (2D) tietokoneen näyttöön verrattuna, mutta se lasketaan silti ei-immersiivisen WoW-kategorian alle (Milgram & Kishino 1994, 1323).

Immersiivisiin ratkaisuihin kuuluvassa Platonin luolavertauksesta nimensä saaneessa vuonna 1992 luodussa CAVE-ratkaisussa virtuaalimaailma heijastetaan videotykeillä käyttäjää ympäröiviin huoneen seiniin (Wright ym. 2014, 72; Mazuruk & Gervautz 1996, 3; Parsons, Gaggioli & Riva 2017, 3). CAVE-ratkaisu lasketaan usein täysin immersiiviseksi järjestelmäksi, sillä se täyttää ihmisen näkökentästä ainakin suurimman osan virtuaalimaailmalla lisäten läsnäolon tunnetta. Mazuruk ja Gervautz (1996, 3) kutsuivat sitä parhaaksi virtuaalitodellisuuden ratkaisuksi, sillä sen luoman näkymän laajuus ja resoluutio olivat paremmat kuin sen aikaisissa virtuaalitodellisuuslaseissa. Gutierrez ja muut (2008, 2) luokittelevat sen kuitenkin nykyisin semi-immersiiviseksi järjestelmäksi. CAVE-ratkaisu on logistisesti haastava, sillä se vaatii oman huoneen. Se ei myöskään mahdollista 360 asteen näkymän luomista. (Sherman & Craig 2003,

129.) HMD-ratkaisun ja CAVE-järjestelmän tarkempia eroja esitellään työssä myöhemmin.

Ratkaisussa jota tässä opinnäytetyössä käsitellään, käytetään täysin immersiiivisiin laitteisiin kuuluvia päähän puettavia virtuaalitodellisuaslaseja, HMD-laitetta (head mounted display), jotka korvaavat käyttäjän näkymän kokonaan virtuaalimaailmalla (Mazuruk & Gervautz 1996, 5; Riva 2014, 650; Sherman & Craig 2003, 130). Korvaamalla käyttäjän näkymän 100 prosenttisesti virtuaalimaailmalla laite mahdollistaa ympäristön havainnoinnin päästä kääntämällä ilman immersion murtumista (Sherman & Craig 2003, 130). Ympäristöä katselu mahdollistetaan liikesensoriikalla, jolloin laite muuttaa käyttäjän näkymää pään liikkeitä myötäillen (Parsons, Gaggioli & Riva 2017, 3).



Kuvio 4. Virtuaalitekniikan jaottelu immersion mukaan (muunneltu Milgram & Kishino 1994, 1327)

Opinnäytetyö on tarkoitettu sosiaali- ja terveysalan ammattihenkilöille. Yhtenä työn tavoitteena on avata virtuaalitekniikkaan liittyvän teorian perusteet ymmärrettävästi. Työtä kirjoitettaessa tunnustetaan, että virtuaalisuuteen liittyvät käsitteet ja teknologia ovat monimutkaisia ja vaatii paljon teknologista ymmärrystä niiden hahmottamiseksi. Tästä syystä seuraavaksi pyritään avaamaan virtuaalitekniikan luoman immersion merkitystä eräänlaisen akvaario-analogian avulla. Analogiassa virtuaaliympäristöä kuvastaa meri ja siellä uivat kalat. Teknologiaa kuvastaa erilaiset ratkaisut akvaarion kanssa.

Kuvitellaan, että tavoitteena on siirtää henkilö mereen uimaan kalojen sekaan mahdollisimman immersiiivisesti niin, että henkilö kokee sen todeksi. Tässä tapauksessa WoW-ratkaisu kuvaa seinään upotetun akvaarion katselemista. Se on kooltaan kovin

pieni, mutta henkilö näkee kalat uimassa lasisen kuution sisällä. Immersiota voitaisiin pyrkiä lisäämään tässä tapauksessa tekemällä henkilölle isompi akvaario tarkasteltavaksi, mutta tämäkään tuskin lisää läsnäolon tunnetta tarpeeksi. CAVE-ratkaisu kuvaa elämyspuistoissa esiintyvää kävelytunnelia akvaarion sisällä, jolloin akvaario muodostuu ihmisen ympärille. Näin ihminen kykenee katselemaan hänen ympärillään uivia kaloja ja muita mereneläviä. Ihmiselle ei tässä tapauksessakaan tule välitöntä läsnäolon tunnetta kalojen ja meren kanssa. Kalat eivät esimerkiksi kykene uimaan ihmisen välittömästä läheisyydestä. HMD-ratkaisua kuvastaisi ihmisen sukeltaminen akvaarioon sukelluslaitteiden kanssa, jolloin kalat voivat uida hänen läheltä ja hän voisi kokeilla jopa niiden koskettamista.

HMD-ratkaisulla kyetään siis siirtämään ihminen virtuaaliympäristön sisälle, jolloin hän kokee fyysisen läsnäolon tunteen kyseisen ympäristön kanssa. Muissa ratkaisuissa ihminen tarkastelee virtuaalista ympäristöä aina sen ulkopuolelta. Virtuaalitodellisuuden määritelmästä ei ole yhteistä konsensusta ja usein myös ei-immersiivisiä ratkaisuja kuvataan virtuaalitodellisuusteknologiana. Kyseessä on kuitenkin usein virtuaaliympäristö, joka esitetään ihmiselle ei-immersiivisen laitteen avulla, jolloin hän ei koe fyysistä läsnäolon tunnetta, eikä tätä tämän näkemyksen mukaan voida laskea virtuaalitodellisuudeksi.

2.4 Virtuaalitodellisuuslasit (HMD – head mounted display)

Virtuaalitodellisuuslasit on valittu opinnäytetyössä käsiteltäväksi laitteeksi niiden teknologisen kehityksen ja ominaisuuksien vuoksi. Aiemmin immersivistä virtuaalitodellisuutta luodessa on turvauduttu CAVE-järjestelmään, sillä HMD-vaihtoehdot ovat olleet teknologialtaan liian alkeellisia (Mazyruk & Gervautz 1996, 3). Virtuaalitodellisuuslasit ovat olleet kehityksessä jo kymmeniä vuosia, mutta viime vuosien aikana ne ovat kuitenkin nousseet markkinoille viihdeteollisuuden, lähinnä videopeliteollisuuden kautta. Videopeliteollisuuden luomat markkinat ovat merkittäviä teknologisen kehityksen kannalta, esimerkiksi Nintendon vuoden 1980 alussa luomat videopelit

vauhdittivat mikroprosessorien kehittämiskilpailua kahdeksi vuosikymmeneksi (Wesley & Barczak 2010, 9). Virtuaalitodellisuuslasien hintojen romahtamisen ja teknologisen kehityksen vuoksi ne ovat nyt arkista kotitalouksille suunnattua viihdeteknologiaa. Hintojen dramaattinen putoaminen ja laitteiston yleistyminen markkinoilla mahdollistaa virtuaalitodellisuuslaseista kustannustehokkaan vaihtoehdon logistisesti haastavalle ja kalliille CAVE-ratkaisulle (Cordeil, Dwyer, Klein, Laha, Marriot & Thomas 2017, 1).

Virtuaalitodellisuuslaseja on valmistettu eri teknologisille alustoille. Tietokonealustalle on valmistettu muun muassa Oculus Rift (San Luis, Atienza & San Luis 2016) ja HTC Vive -tuotteet (Cordeil ym. 2017, 1). Sony julkaisi omalle Playstation -alustalleen omat virtuaalitodellisuuslasit (PS VR tekniset ominaisuudet, n.d). Samsung on tuottanut muiden valmistajien joukossa älypuhelimien liitettävät Gear VR -virtuaalitodellisuuslasit yhdessä Oculuksen kanssa (Samsung Gear VR n.d).



Kuvio 5. HTC Vive virtuaalitodellisuuslasit (HTC Vive image gallery n.d.)

Huomioitavat asiat HMD-ratkaisussa

Yhtenä selkeänä ongelmakohtana HMD-ratkaisussa on sen käytössä mahdollisesti esiintyvä pahoinvointioire, joka muistuttaa oirekuvaltaan matkapahoinvointia. Tätä pidetään yhtenä syynä miksi HMD-ratkaisut nousivat markkinoille viihdeteknologiana vasta viime vuosien aikana. Pahoinvointioire virtuaalitodellisuuslasien käytössä oli niin yleistä, että sitä alettiin kutsua kyberpahoinvoinniksi – *cyber sickness*. (Porcino,

Clua, Cristina, Vasconcelos, Trevisan & Valente 2017, 1.) Virtuaaliympäristöjen sivuvaikutuksia ja niiden aiheuttamia ominaisuuksia on tutkittu jo vuosikymmeniä muun muassa Yhdysvaltojen puolustusvoimissa. Kolasinskin raportissa simulaatiosta aiheutuviin sivuvaikutuksiin liittyy käyttäjän ominaisuuksiin, laitteistoon ja virtuaaliympäristössä tehtävään toimintaan liittyviä asioita. (Kolasinski 1995, 3.)

Nykyaikaisiin HMD-järjestelmiin on pitkälti korjattu pahoinvointioiretta aiheuttavat ominaisuudet, joista ehkä merkittävin on laitteissa esiintyvä viive – latenssi – liikkeen ja näkötiedon välillä (Kinsella, Mattfield, Muth & Hoover 2016; Porcino ym. 2017, 1). Muita pahoinvointioireeseen altistavia ominaisuuksia ovat muun muassa kontrollin tunne, käyttöaika, laitteen FOV ja hyppivät liikkeet virtuaaliympäristössä. (Porcino ym. 2017, 1.) Useissa tutkimuksissa käytetään SSQ-kyselylomaketta, Simulator Sickness Questionnaire, jonka avulla voidaan arvioida simulaatioon käytettävän laitteen negatiivisia sivuvaikutuksia (Kennedy, Lane, Bermaum & Lilienthal 2009).

Erityisiä ongelmakohtia, jotka Rivan (2014, 659) mukaan Lewis ja Griffin (1997) tuovat esille virtuaalitodellisuuslasien käytössä kuntoutuksessa ovat sen ajoittain aiheuttaman matkapahoinvoinnin lisäksi silmien väsyminen, alentunut raaja- ja posturaalinen kontrolli, alentunut läsnäolon tunne sekä mahdollisesti harjoittelussa esiintyvät virheelliset liikemallit, jotka voivat johtaa harjoittelun negatiiviseen tulokseen. HMD-laitteiston teknologinen kehitys on kuitenkin johtanut siihen, että niiden aiheuttamat negatiiviset oireet ovat vähentyneet merkittävästi ja pysyvät esiintyessäänkin lievinä (Riva 2014, 659). Lutz ja muut (2017, 54) tuovat esille hygienian merkityksen virtuaalitodellisuuslasien kuntoutuskäytössä. Kyseessä on päähän puettava näyttölaite, joka on käytettäessä kovin lähellä esimerkiksi käyttäjän silmiä. Laitteen valinnassa on syytä kiinnittää huomiota sen desinfiointimahdollisuuksiin, johon voi vaikuttaa esimerkiksi HMD-laitteen sisämateriaali. Laitteen hygieenisuus on tärkeää jo pelkän turvallisuuden, mutta myös käyttömukavuuden takaamiseksi. (Lutz, Burmeister, Santos, Morkisch, Dohle & Krüger 2017, 54.)

2.5 HMD vs. CAVE

On ehkä kiistanalaista väittää, että HMD-teknologia olisi ohittanut CAVE-ratkaisun virtuaalitodellisuusteknologiana. CAVE-ratkaisua on kuitenkin pidetty pitkään immerssiivisempänä vaihtoehtona virtuaalitodellisuuden luomiselle. Tämä on kuitenkin perustunut pitkään HMD-teknologian kehittymättömyyteen (Mazyruk & Gervautz 1996, 3). Oman huoneen vaativa ja kallis CAVE-ratkaisu on ollut yliopistojen sekä tutkimuslaitosten suosiossa jo vuosikymmeniä (Cordeil ym. 2017).

Virtuaalitodellisuuslasien ja CAVE-ratkaisujen erot nousevat niissä käytettävästä teknologiasta. Virtuaalitodellisuuslaseja käytettäessä virtuaalimaailma esiintyy aina käyttäjensä näkökentässä, vaikka käyttäjä kääntyisi ympäri. Näin mahdollistetaan virtuaalimaailman tarkastelu suunnasta riippumatta. CAVE-ratkaisussa 100-prosenttinen virtuaalimaailman esittäminen onnistuu vain silloin, kun käyttäjä katsoo eteenpäin. (Kuvio 6.) Kyse on virtuaalitodellisuuslasien mahdollistamasta laajemmasta huomioitavasta näkökentästä, FOR – field of regard (Sherman & Craig 2003, 128-129). Kyseessä on ikään kuin ympäristö, jonka käyttäjä voi siltä seisomalta havainnoida kääntyesseen. CAVE-ratkaisuissa ei välttämättä ole mahdollista tarkastella virtuaalimaailmaa laajasti pystysuunnassa, kun taas virtuaalitodellisuuslaseilla käyttäjä voi tarkastella esimerkiksi virtuaalimaailman taivasta.



Kuvio 6. Virtuaalimaailman näkymän erot HMD, CAVE ja WoW -ratkaisuihin (perustuen Sherman & Craig 2003, 130)

Sherman ja Craig (2003, 130) toteavat, että virtuaalitodellisuuslasien mahdollistama näkökenttä (FOV – field of view) on vajaampi kuin CAVE-ratkaisuissa, jossa näkökenttä on täydellinen käyttäjän katsoessa eteenpäin. Vanhemmassa virtuaalitodellisuuslasiteknologiassa laitteiden FOV on ollut noin 60 astetta leveyssuunnassa ja 40 astetta pystysuunnassa, mikä on aiheuttanut tunnelinäköisyyttä. (Mazyruk & Gervautz 1996, 46; Sherman & Craig 2003, 129). Nykyisin virtuaalitodellisuuslasien FOV on laitteesta riippuen 100-110 astetta, mikä on jo huomattava osa ihmisen näkökentästä (Cordeil ym. 2017, 3).

Australialainen Monashin yliopisto on luonut nykyaikaisen Monash CAVE2 -järjestelmän, joka on aiempiin CAVE-ratkaisuihin verrattuna huomattavasti kehittyneempi. Se muodostuu yhteensä 80:stä LCD 3D-televisiosta. Järjestelmän luoma FOR on 330 astetta vaakatasossa mahdollistaen virtuaalimaailman tarkastelun myös päätä kääntämällä. Lisäksi järjestelmässä on laaja liikesensorilaitteisto, joka mahdollistaa käyttäjän liikkeiden tarkan seuraamisen. (Barnes, 2013.)

Cordeil ja muut vertailivat nykyaikaisten CAVE2 ja Oculus Rift DK2 -järjestelmien toimivuutta yhteistoiminnallisessa immersiiivisessä visualisoinnissa. CAVE2-ryhmä jaettiin kahteen ryhmään, joissa toisessa hyödynnettiin pään liikkeitä seuraavaa sensoriikkaa. HMD-ryhmässä käsien liikkeiden hahmottamiseen käytettiin Leap Motion -järjestelmää, joka havainnoi käyttäjänsä sormien liikkeitä. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, että visualisointitehtävät olivat tarkkoja molemmissa järjestelmissä, mutta huomattavasti nopeampia HMD-ryhmässä. Huomioitavana asiana nostettiin yleisempi pahoinvointioireen ilmeneminen HMD-ryhmässä verrattuna CAVE-ratkaisuun. (Cordeil ym. 2017, 1-9.)

CAVE- ja HMD-ratkaisut eroavat toisistaan tilan tarpeen, hinnan sekä teknologisten ominaisuuksien osalta. Tarkastelu CAVE- ja HMD-ratkaisujen välillä on tärkeää etsittäessä sopivaa laitteistoa esimerkiksi oppi- tai kuntoutuslaitoksille. Virtuaalitodellisuusteknologian tarkoituksena on ympäröidä käyttäjä mahdollisimman immersiiivisesti virtuaaliympäristöön. Tämän vuoksi laitteiden teknologisilla ominaisuuksilla on valtava merkitys virtuaalitodellisuuden onnistumiselle. Laitteisto tulee valita kunkin

käyttäjän tavoitteiden mukaisesti – täysin immersiiivisen virtuaalitodellisuuden luonti ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista. Virtuaalitodellisuuslasien mahdollistama täydellinen FOR ja virtuaaliympäristön esittäminen välittömässä läheisyydessä tekee niistä immersiiivisemmän vaihtoehdon CAVE-ratkaisuihin verrattuna immersiiivistä simulaatiota luotaessa.

3 Aivoverenkiertohäiriö (AVH)

Opinnäytetyössä selvitetään virtuaalitodellisuuslasien hyödyntämistä aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa. Kansainvälisesti aivoverenkiertohäiriöt ovat yleisin syy fyysiselle vammautumiselle (Rondina, Park & Ward 2017, 737). Aivoverenkiertohäiriöt ovat merkittävä tautiryhmä Suomessa, koskettaen kymmeniä tuhansia suomalaisia vuosittain. Se on kolmanneksi yleisin kuolinsyy. Aivoverenkiertohäiriöstä kuntoutuminen on pitkä prosessi, jonka jälkeenkin kolmen kuukauden kuluttua Jehkosen ja muiden (2015, 183) mukaan 50-70 % kuntoutuvat ADL-toimissaan itsenäisiksi, 15-30 % jäävät pysyvästi vammautuneiksi ja noin joka viides tarvitsee laitoshoidoa. (Jehkonen, Nurmi & Nurmi 2015, 182-183.)

Aivoverenkiertohäiriöllä tarkoitetaan joko paikallista verenvuotoa tai aivoverisuonen tukoksesta johtuvaa verettömyyttä. Verettömyyteen liittyviä, eli iskeemisiä aivoverenkiertohäiriöitä ovat aivoinfarktit sekä ohimenevät iskeemiset kohtaukset, TIA:t. Aivoinfarkteihin kuuluvat sydänperäiset emboliat, suurten suonten tukokset sekä pienten suonten tukokset. Verenvuodollisiin eli hemorragisiin aivoverenkiertohäiriöihin kuuluu subaraknoidaalivuoto SAV ja intraserebraalivuoto ICH. Subaraknoidaalivuoto tarkoittaa valtimovuotoa lukikalvonalaiseen tilaan ja intraserebraalivuoto valtimovuotoa aivoaineeseen. Aivoverenvuodossa verenkierto häiriintyy vuotavan suonen alueella ja kudoksiin vuotanut veri luo painetta ympäröivissä kudoksissa (Jehkonen ym. 2015, 182-184.) Vuodon tai infarktin aiheuttaman kuolioalueen lisäksi aivoissa tapahtuu diaskriisia, jolla tarkoitetaan iskeemisen alueen ulkopuolisen alueen hermosolujen lamaantumista, mikä laajentaa neuropsykologista oirekuvaa sairauden akuutissa vaiheessa (Jehkonen ym. 2015, 188).

3.1 Aivojen rakenne ja toiminta

Ihmisen aivojen eri osien ja niiden tuoman toiminnan tarkka avaaminen ei ole tässä työssä tarkoituksenmukaista sen laajuuden vuoksi. Aivojen rakenne ja sen eri osien tehtävät ihmisen funktionaalisissa sekä kognitiivisissa toiminnoissa selittävät aivoverenkiertohäiriön oirekuvan muodostumisen. Tämän vuoksi seuraavaksi tuodaan karkeasti esille aivojen rakenne ja näiden osien tehtävät ihmisen eri toiminnoissa. Nämä osat muodostavat yhdessä hermoverkon, jonka plastisuus luo perustan aivoverenkiertohäiriöstä kuntoutumiselle (Carr & Shepherd 2003, 5).

Aivot voidaan jakaa rakenteellisesti kolmeen osaan: etuaivot, keskiaivot ja taka-aivot. Etuaivoihin kuuluu iso-aivot ja väliaivot; keskiaivot muodostuvat nelikukkulatumakkeista ja mustatumakkeesta ja lopuksi taka-aivoihin kuuluu aivosilta, ydinjatke ja pikkuaivot. Aivot muodostuvat iso-aivoista, aivorungosta, pikkuaivoista ja väliaivoista. Väliaivot sisältävät talamuksen ja hypotalamuksen sekä aivolisäkkeen ja käpylisäkkeen. Isot aivot jaetaan oikeaan ja vasempaan aivopuoliskoon ja niitä peittää harmaa aivokuori – korteksi. Aivopuoliskot toimivat yhteistyössä toistensa kanssa pääosin aivokurkiaisien kautta, mutta niillä molemmilla on myös omia eriytyneitä tehtäviä. Karkeasti jaoteltuna vasen aivopuoli on erikoistunut kielellisten taitojen, kuten puheen tuottamisen ja kirjoittamisen, säätelyyn. Oikea puolisko toimii havainnoinnin ja tarkkaavuuden toiminnoissa, kuten sanattoman viestinnän tuottamisessa ja ymmärtämisessä. (Jehkonen & Saunamäki 2015, 25-36.)

Aivokuoren pinta-alaa lisää sen poimuttuminen, joka muodostaa uurteita piilottaen suurimman osan aivokuoren pinnasta näkyvistä. Aivokuori voidaan jakaa neljään lohkokoon: takaraivo- eli okkipitaalilohkot, ohimo- eli temporaalilohkot, päälaki- eli parietaalilohkot sekä otsa- eli frontaalilohkot. Lohkojen toiminta voidaan jakaa niiden tehtävien mukaan. Aivojen etuosat vastaavat toiminnanohjauksesta, käyttäytymisestä sekä tunteiden säätelystä. Ne yhdistelevät eri tertiaarialueilla prosessoitua tietoa ja muokkaavat ihmisen toimintaa tämän tiedon pohjalta. Aivojen takaosat vastaavat aistitiedon vastaanottamisesta primaarialueilla ja sen käsittelystä sekundaarisissa sekä tertiaarisissa assosiaatioalueissa. Siellä siis vastaanotetaan näön, kuulon

sekä tunnon tuomat sensoriset ärsykkeet, yhdistellään tätä tietoa tertiaarialueilla yhtenäisiksi tulkinnoiksi, joita käsitellään edelleen aivojen etuosissa ja lopulta muokataan toimintaa niiden pohjalta, esimerkiksi liikkeinä motorisen aivokuoren kautta. Taka- eli parietaalilohkon etuosissa sijaitsee ihmisen tunnon tuoman sensorisen informaation käsittelyalueet. Kuuloaistin käsittelyalueet sijaitsevat ohimo- eli temporaalilohkon yläosassa ja lateraaliuurteessa. Frontaalilohkon ja parietaalilohkon välissä on keskiuurre. Tämän keskiuurteen etupuolella, frontaalilohkon takaosissa, sijaitsee liikeaivokuori, joka jaetaan primaariseen, premotoriseen sekä suplementaariseen alueeseen. (Jehkonen & Saunamäki 2015, 25-36.)

Aivoverenkiertohäiriössä oirekuva muodostuu vaikuttuneen aivovaltimon suonittamasta aivoalueesta. Erityisesti neuropsykologiseen oirekuvaan vaikuttaa myös vaurioitunut aivopuolisko. Motoriset oireet näkyvät vaurioituneesta aivopuoliskosta vastakkaisella puolella. Suurin osa, noin 80 %, aivoverenkiertohäiriöistä tapahtuu etuverenkierron suonitusalueella. Etuverenkiertoon kuuluu etummaisesta sekä keskimmäisen aivovaltimon suonitusalueet. Etumainen aivovaltimo suonittaa parietaalilohkon sisäpintoja, otsalohkon etu- ja sisäpintoja sekä tyvitumakkeiden, pihtipoimun sekä aivokurkiaisesta etuosia. Suonitusalueeseen kuuluu muun muassa vastakkaisen alaraajaan liikkeistä vastaava primaarisen motorisen aivokuoren alue (Jehkonen ym. 2015, 188). Etumaisen aivovaltimon verenkiertohäiriöiden tyypilliseen neuropsykologiseen oirekuvaan kuuluu muun muassa laaja-alaisia tarkkaavuuden, toiminnanohjauksen, muistin, käyttäytymisen sekä puheen häiriöitä. Etumaisen aivovaltimon verenkiertohäiriöissä neuropsykologinen oirekuva on pääasiassa riippumaton vaurioituneesta aivopuoliskosta, mutta niihin sisältyy myös aivopuoliskosta riippuvaisia oirekuvia. (Jehkonen ym. 2015, 189-191.)

Keskimäinen aivovaltimo suonittaa parietaali-, temporaali- ja frontaalilohkojen ulkopintaa, takaraivolohkoa sekä aivokuorenlaisia alueita kuten tyvitumakkeita. Näihin kuuluu muun muassa vastakkaisen yläraajan sekä vartalon motorisia alueita. Keskimäisen aivovaltimon verenkiertohäiriöt ovat pääasiassa riippuvaisia vaurioituneesta aivopuoliskosta. Aivopuoliskosta riippumattomat oireet mukailevat etumaisen aivovaltimon verenkiertohäiriöiden oirekuva: tarkkaavuuden, toiminnanohjauksen

sekä käyttäytymisen säätelyn häiriöitä. Vasemman aivopuoliskon vaurioissa neuropsykologisena oirekuvana on pääasiassa puheen tuottamiseen, toistamiseen ja ymmärtämiseen liittyviä oireita. Oikean aivopuoliskon vauriot taas painottuvat erilaisiin tarkkaavuuden sekä kielellisen ymmärryksen häiriöihin. (Jehkonen ym. 2015, 190-193.)

Takimmaiset aivovaltimot suonittavat okkipitaalilohkoja, temporaalilohkojen sisä- ja alaosa ja parietaalilohkojen ylempiä sisäosia, lisäksi ne osallistuvat subkortikaalisten alueiden ja pikkuaivojen verenkiertoon. Tyypillisiä motorisia ja sensorisia oireita ovat motorinen tai sensorinen hemipareesi tai paraplegia. Sijaintinsa vuoksi takimmaisen aivovaltimon verenkiertohäiriöissä erityisen tyypillisiä ovat visuaalisiin toimintoihin liittyvät neuropsykologiset oireet. Nämä voivat näkyä esimerkiksi esineiden tunnistamisen vaikeutena eli visuaalisena agnosiana tai ympäristön tunnistamisen häiriönä eli topografisena agnosiana. Verenkiertohäiriöt subkortikaalisilla ja pikkuaivojen alueilla aiheuttavat hyvin monipuolisia neuropsykologisia ja -psykiatrisia oireita. Neuropsykiatrisista oireista ovat esimerkiksi sairastumisen jälkeinen sekavuustila delirium, noin 40 prosentilla esiintyvä depressio, yliaktiivisuutta ja kiihkoisuutta aiheuttava maanisuus sekä noin neljänneksellä sairastuneista esiintyvä ahdistuneisuushäiriö. (Jehkonen ym. 2015, 194-201.)

3.2 Neuropsykologiset oireet

Yli puolella aivoverenkiertohäiriökuntoutujista on jonkinasteisia neuropsykologisia oireita. Neuropsykologinen oirekuva muodostuu yllä kuvattujen aivojen osien vauriosijainnista. Oireista tyypillisimpänä voidaan esittää erilaisia tarkkaavuuden, toiminnanohjauksen ja muistin häiriöitä. (Jehkonen ym. 2015, 189.) Näillä kognitiivisilla toimintoilla on suuri merkitys myös muun kuntoutuksen onnistumiselle (Langdon 2002, 69). Esimerkiksi tahdonalaisten liikkeiden häiriötä, eli apraksioita, ei voida selittää perifeerisellä sensorisella tuntopuutoksella tai motorisella halvauksella. Kyseessä on vaikeus toteuttaa yksinkertaisia motorisia tehtäviä, kuten kahvin keittämistä tai pulлон avaamista. (Langdon 2002, 80-81.) Apraksialla voi olla erilaisia ilmenemismuotoja.

Raaja-apraksioihin kuuluvassa ideationaalisessa apraksiassa henkilö ei osaa käyttää annettua esinettä oikealla tavalla, vaikka osaisikin nimetä esineen oikein. Ideomotorisessa apraksiassa taas on kyse motorisesti epätarkasta liikkeestä. Muita raaja-apraksioita ovat kineettinen- ja aivokurkiaisapraksia. Raaja-apraksioiden lisäksi henkilöllä voi olla esimerkiksi kasvojen alueen tahdonalaisten liikkeiden häiriöitä. (Jehkonen & Yliranta 2015, 153-154.)

Jehkosen väitöstutkimuksen mukaan kuntoutumisen kannalta erityisen keskeisiä oireita ovat halvauksen lisäksi huomiotta jääminen sekä oiretiedostamattomuus (Jehkonen 2002). Oiretiedostamattomuus eli anosognosia liittyy psyykkiseen puolustusmekanismiin, joka tapahtuu oireiden tai sairauden kieltämisenä (Ilvonen, Paavola, Koskinen & Sarajuuri 2015). Tarkkaavuuden erikoishäiriöihin kuuluva neglect-oire esiintyy keskimäärin noin 43 prosentilla aivoverenkiertohäiriöön sairastuneista. Tavallisesti sitä havaitaan oikean aivopuoliskon vaurioissa, jolloin vasemman puolen huomiointi häiriintyy. Neglectillä on erilaisia muotoja ja ne voivat liittyä esimerkiksi visuaalisen, audiitiivisen tai taktiilisen informaation huomiotta jättämiseen. (Jehkonen, Nurmi & Kuikka 2015, 64-66.) Neglect voi esiintyä esimerkiksi vain oikean kehonpuoliskon pukemisena tai vasemmalla puolella oleviin esineisiin törmäilyinä (Langdon 2002, 79-80). Neglect-oireen tarkka tutkiminen on haastavaa muun neuropsykologisen oirekuvan ja liitännäisoireiden vuoksi. Pääasiassa sen tutkiminen rajoittuu visuaalisen oirekuvan tutkimiseen erilaisilla kynä-paperitehtävillä (Jehkonen ym. 2015, 64-66).

Aivoverenkiertohäiriön aiheuttamiin visuaalisiin oirekuviin sisältyy näkökenttäpuutoksien lisäksi myös näkö tiedon käsittelyyn liittyviä neuropsykologisia häiriöitä eli agnosioita. Näkökenttäpuutokset liittyvät näköratojen vaurioihin ja niihin voi sisältyä erilaisia näkökentän osien puutoksia aina toisen silmän totaalisoikeudesta neljännekkenttien sokeuteen eli kvadrantanopiaan (Poutiainen, Laari & Kauranen 2015, 108-110.) Näkö tiedon käsittelyn häiriöt liittyvät taas eri näköaivokuoren osien vaurioista aiheutuviin oirekuviin. Näihin liittyy ventraaliradan vaurioissa esimerkiksi erilaisten muotojen, värien ja kasvojen havaitsemisen vaikeuden lisäksi myös objektien tunnistamiseen liittyviä häiriöitä. Näkö tiedon käsittely dorsaaliradalla liittyy avaruudellisen

eli visuospatiaalisen hahmottamisen häiriöihin, mikä voi näkyä esimerkiksi ympäristössä suuntaamisen ongelmina, eli topograafisena disorientaationa. (Poutiainen, Laari & Kauranen 2015, 188-123.)

Muita neuropsykologisia oireita ovat toiminnanohjaukseen, muistiin, kielellisiin sekä musiikillisiin toimintoihin liittyviä häiriöitä. Näistä etuotsalohkovaurioon liittyvillä toiminnanohjauksen häiriöillä tarkoitetaan vaikeutta suoriutua arkisista toiminnoista. Toiminnanohjaus on valvontajärjestelmä, joka säätelee rutiininomaisesti aktivoituvia toimintoja tietoisien tavoitteiden saavuttamiseksi. Tämä ei välttämättä näy selvänä toiminnan häiriönä kuten puheen vaikeutena, vaan sen tarkoituksenmukaisen soveltamisen vaikeutena. Tämä voi näkyä esimerkiksi loukkaavana käytöksenä. (Vilkki & Saunamäki 73-74).

3.3 Aivojen plastisuus ja aivoverenkiertohäiriön kuntoutus

Aivojen plastisuudella tarkoitetaan niiden muovautuvuutta. Terveillä ihmisillä tämä tarkoittaa esimerkiksi aivoedustusten muutosta oppimisen myötä. Tämän on todettu tapahtuvan myös esimerkiksi iskeemisen aivovaurion jälkeen ikään kuin spontaanina parantumisenä. Esimerkiksi kortikaalisten edustusten häiriintyessä voivat subkortikaaliset alueet luoda vaihtoehtoisen reitin toiminnalle. (Poutiainen & Nukari 2015, 425-426.) Tämä vaurion jälkeinen spontaani uudelleen järjestyminen ei kuitenkaan ole riittävää, vaan neurologista kuntoutusta tehostetaan lääkityksen, fyysisen harjoittelun ja muun terapeutin intervention avulla (Sanchez-Mendoza & Hermann 2016, 1).

Suurin osa aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksen laajoista pitkäaikaistutkimuksista kohdistuu taudin kroonisen vaiheen kuntoutukseen. Aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa pyritään kuitenkin keskittymään erityisesti taudin akuutin vaiheen kuntoutukseen esimerkiksi varhaisen mobilisoinnin avulla. Moniammatillinen, varhaisessa vaiheessa intensiivinen kuntoutus on varhaistanut kotiutumista, pienentänyt kuolleisuutta sekä nopeuttanut kuntoutusta ADL-toiminnoissa itsenäistymiseen. (Winstein,

Stein, Arena, Bates, Cherney, Cramer, Deruyter, Eng, Fisher, Harvey, Lang, NacKay-Lyons, Ottenbacher, Pugh, Reeves, Richards, Stiers & Zorowitz 2016, 103).

Suomalaisten Käypä hoito -suositusten mukaan sairastumisen jälkeinen terapia tulisi aloittaa intensiivisesti kuntoutusosastolla osana moniammatillista kuntoutusta ja jatkaa tilanteen mukaan laitos- tai avokuntoutuksena (Aivoinfarkti ja TIA 2016). Varhennetun tuetun kotiutumisen mallilla voidaan pienentää pitkäaikaiseen laitoshoitoon päätyminen ja ulkopuolisen avun riskiä (Koso 2016; Koso, Sairanen, Poutiainen & Hiekkala 2016). Tähän voi liittyä moniammatillisen kuntoutuksen lisäksi sairaalavaiheessa toteutettu kotikäynti, jonka hyötyjä tutkitaan vielä aktiivisesti lisää (Indredavik, Fjaertoft, Ekeberg, Loge & Mørch 2000).

4 Virtuaalisuus kuntoutuksessa

Aivoverenkiertohäiriöpotilaita voidaan pitää oirekuvaltaan hyvin heterogeenisenä ryhmänä. Oireisiin kuuluu motoristen ja sensoristen häiriöiden lisäksi laaja-alaisia neuropsykologisia sekä -psykiatrisia oireita. Tämän vuoksi aivoverenkiertohäiriön kuntoutus vaatii monien eri ammattiryhmien osallistumista, mikä tekee siitä kuormittavaa ihmisresurssien kannalta. Ehkä tästä syystä kiinnostus erilaisiin vaihtoehtoihin kuntoutusmuotoihin on nousemassa teknologian kehityksen myötä (Imam & Jarus 2014, 1). Teknologian merkitys kasvaa jatkuvasti käytännössä kaikilla ammattialoilla. Teknologian hyödyntämisen aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutuksessa on kuitenkin todettu olevan jopa liian vähäistä, vaikka tutkittua näyttöä niiden toimivuudesta löytyykin (Langan ym. 2017). Poutiainen ja Nukari (2015, 453) toteavat, että simuloitavilla virtuaaliympäristöillä voidaan muistuttaa kuntoutujan omaa elinympäristöä, jolloin harjoittelun siirtovaikutus arkielämään saattaisi olla tehokkaampaa. Teknologian tuomia mahdollisuuksia on lähdetty selvittämään myös etäkuntoutuksen osalta muun muassa Kelan toimin (Salminen ym. 2016). Virtuaalitodellisuuteen perustuva kuntoutustoiminta vaatii lukuisten eri ammattialojen yhteistyötä rikkoen perinteisiä sosiaali- ja terveysalan moniammatillisuuden rajoja.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on varsin uutta kuntoutusalalla, vaikka virtuaalisia laitteita on käytetty neurologisessa kuntoutuksessa tasapainon, posturaalisen kontrollin ja hienomotoriikan kehittämisessä (Ma & Bechkoum 2008, 1). Esimerkkinä markkinoilla olevista virtuaalisen kuntoutuksen vaihtoehtoista voidaan esittää Wii-pelikonsolin käyttö neurologisten potilaiden tasapainon kuntoutuksessa (Saposnik ym. 2010; Gatica-Rojas & Méndez-Rebolledo 2014). Wii:tä käytetään sen Wii Fit-tasapainolaudan vuoksi, jonka avulla kuntoutuja voi painonsiirroilla ohjata pelihahmoa virtuaalimaailmassa. Erilaisten videopelimäisten sovellutusten hyödyt on nähty opetus-, kuntoutus- ja koulutusaloilla jo pitkään. Hyötypelillä, serious game, tarkoitetaan muuhun kuin pelkkään viihdekäyttöön tarkoitettua videopeliä (Ma & Bechkoum 2008, 1).

Virtuaalitodellisuuteen liittyvän terminologian epämääräisyys on aiheuttanut sen, että vain noin 20 prosentissa terveysalalla käytetyissä virtuaalitodellisuuden sovelluksissa on kyse tarpeeksi immersiiivisistä järjestelmistä ja laitteistoista, jotta voitaisiin puhua virtuaalitodellisuudesta (Riva 2014, 650). Fysioterapiassa itse virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutuksessa on tapahtunut perinteisesti modernin sensorisen sekä haptisen teknologian avustuksella. Käytännössä tämä tarkoittaa tavallisesti HMD-näyttölaitetta sekä yläraajan liikkeitä mallintavaa haptista järjestelmää. Metodissa mallinnetaan kuntoutujan liikemalleja simuloituissa tehtävissä, joilla pyritään palauttamaan kuntoutujan motorisia toimintoja (Gutierrez ym. 2008, 166.) Tämä muistuttaa perinteistä terapeutista harjoittelua, jossa virtuaalitodellisuus toimii lähinnä motivoivana lisänä. HMD-järjestelmän hyötyjä on kokeiltu esimerkiksi Kimin ja muiden (2017, 1-12) toimesta Parkinson potilailla kävelyharjoittelun muodossa, jossa virtuaaliympäristö toimii motivoivana ympäristönä seikkailla. Heidän tutkimuksessaan HMD-järjestelmän käytöstä ei noussut SSQ-kyselyn perusteella negatiivisia sivuvaikutuksia.

Psykologian alalla virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on ollut varsin luovaa. Teoriassa immersiiivisten virtuaaliympäristöjen luominen on joustavaa vain mielikuvituksen ollessa rajana. Käytännössä ne mahdollistavat terapeutin luomaan virtuaaliympäristön niistä ärsykkeistä, jotka hän näkee tarpeellisina kuntoutuksen kannalta. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa näin turvallisen ympäristön kokea, tehdä ja jopa pelätä (Riva 2014, 651). Tähän perustuu virtuaalitodellisuutta hyödyntävä altistusterapia - virtual reality exposure therapy - jota käytetään esimerkiksi erilaisten fobioiden kuntoutuksessa (Rothbaum, Hodges, Smith, Lee & Price 2000, 1020-1026). Toisena esimerkkinä VRET:stä voidaan esittää Yhdysvaltojen armeijan käyttämää virtuaalitodellisuuden menetelmää sotilaiden PTSD-oireen kuntoutuksessa. Traumaattinen tilanne simuloidaan virtuaaliympäristöksi, jolloin kuntoutuja voi kokea sen turvallisesti uudelleen ja uudelleen (Rothbaum, Hodges, Alarcón, Ready, Shahar, Graap, Pair, Hebert, Gotz, Wills & Baltzell 1999; Highland, Costano, Jovanovic, Norrholm, Ndiongue, Reinhardt, Rothbaum, Rizzo & Roy 2015). VRET:n on todettu olevan halvempaa, paremmin kontrolloitua, turvallisempaa sekä vähemmän hävettävää oikeaan tilanteeseen

verrattuna (Riva 2014, 654). Vaikuttaa siltä, että fysioterapiaan verrattuna psykologiassa on hyödynnetty HMD-järjestelmän luomaa läsnäolon tunnetta, eikä vain tyydytty virtuaalisten laitteiden mahdollistamaan pelillisyyteen.

5 Tutkimus

5.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite

Aikaisemmat tutkimukset ja opinnäytetyöt virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa ovat olleet pääasiassa laitteistoltaan hyvin heterogeenisiä ja sisältävät usein myös ei-immersiivisiä ratkaisuja (Räty 2017; Saponik ym. 2016; Mao, Chen, Li & Huang 2014). Tutkimuksen tarkoituksena on kuvata ja kartoittaa uuden virtuaalitodellisuusteknologian käyttömahdollisuuksia kuntoutuksen näkökulmasta. Tutkimuksen tavoitteena on tuoda tietoa integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla virtuaalitodellisuuslasien hyödyntämisestä aivoverenkiertohäiriön oirekuvien kuntoutuksessa ja arvioinnissa. Opinnäytetyön toivotaan toimivan keskustelua ja ajatuksia herättävänä työnä. Valmis opinnäytetyö tuo työelämälle tarpeellista tietoa virtuaaliteknologian taustoista ja teoriasta laskien kuntoutushenkilöstön kynnystä tutustua erilaisiin teknologisiin kuntoutusvaihtoehtoihin ja näihin liittyviin kehittämisprojekteihin.

Tutkimuskysymykset ovat:

- Mihin virtuaalitodellisuuslaseja on käytetty aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa tai arvioinnissa?
- Minkälaista näyttöä virtuaalitodellisuuslasien käytöstä on aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen liittyvässä toiminnassa?
- Minkälaisia käyttökokemuksia virtuaalitodellisuuslasien käytöstä nousee esille tutkimuksista?

5.2 Tutkimusmenetelmä

Kvalitatiiviseen tutkimiseen liittyy usein eräänlainen systemaattisuuden välttäminen, ja esimerkiksi tutkimussuunnitelma muodostuu tutkimuksen edetessä, jolloin sitä voidaan muuttaa olosuhteiden mukaan (Hirsjärvi ym. 2007, 160.) Opinnäytetyössä tutkimus toteutetaan integroivana kirjallisuuskatsauksena sen luoman tutkijan vapauden vuoksi. Tutkimuksen kvalitatiivisuus näkyy esimerkiksi sovellettavissa olevien tutkimuksien mukaan ottamisessa. Virtuaalitodellisuuslasien ollessa vielä uutta teknologiaa, ei opinnäytetyössä välttämättä kyetä vielä tutkimaan systemaattisesti ja luotettavasti niiden vaikuttavuutta tai eroja perinteisiin kuntoutusmenetelmiin. Uuden ilmiön kuvaaminen vaatii laaja-alaista tutkimusotosta, jossa HMD-järjestelmän käyttöä on kuvattu laajasti eri näkökulmista. Integroivan kirjallisuuskatsauksen avulla ilmiöön voidaan tutustua laaja-alaisesti sekä luokittelemaan sen ominaisuuksia tuoden uutta tietoa jo tutkitusta aiheesta (Salminen 2011, 6.) Opinnäytetyössä on kuitenkin selkeästi piirteitä narratiivisesta kirjallisuuskatsauksesta esimerkiksi teoreettisen viitekehyksen avaamisessa. Itse tiedonhankinta ja siihen liittyvä aineiston analyysi toisaalta muistuttaa enemmän systemaattista kirjallisuuskatsausta.

Integroivaa kirjallisuuskatsausta voidaan pitää Salmisen (2011, 8) mukaan yhdyssiteenä systemaattisen ja narratiivisen kirjallisuuskatsauksen välillä, joten sen valintaa tämän työn tutkimusmenetelmäksi voidaan pitää perusteltuna. Integroivan kirjallisuuskatsauksen vaiheet muistuttavat systemaattista katsausta. Salmisen (2011, 8) mukaan Cooper (1989) selittää nämä vaiheet seuraavasti. Tutkimusongelman asettelun jälkeen hankitaan tutkimusaineisto. Tämän tutkimusaineiston arvioinnin, analyysin ja tulkinnan jälkeen esitetään saadut tutkimustulokset. Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaus noudattaa kyseistä tutkimuksen vaiheistusta. Jokainen vaihe on kuvailtu ja tarvittaessa havainnollistettu visuaalisesti tarkemmin omina kokonaisuuksinaan.

5.3 Tiedonhankinta

Aineisto kerättiin Pubmed, PMC ja Pedro -tietokannoista. Tiukkojen sisäänottokriteerien vuoksi opinnäytetyössä turvauduttiin myös Google Scholar -palveluun, joka etsii tutkimuksia laajasti eri tietokannoista ja muista lähteistä. Google Scholar -palvelun hakutulosten valtava määrä voidaan nähdä ongelmallisena, sillä koko otosta ei välttämättä kyetä tarkastamaan läpi. Kyseisen palvelun tuomat tutkimukset eivät myöskään välttämättä ole tieteellisistä tietokannoista, mikä tulee ottaa huomioon tutkimuksien luotettavuuden arvioinnissa. Kaikki Google Scholar -palvelun hakutulokset ovat kuitenkin tieteellistä materiaalia (Hirsjärvi ym. 2007, 94). Palvelun kautta toivotaan löytyvän aiheen kvalitatiiviseen analysointiin soveltuvia tutkimusartikkeleita. Pubmedissä hyödynnetään myös sen PMC-tietokantaa, johon on kerätty vapaasti luettavia free access -artikkeleita.

Tiedonhankinnassa hyödynnettiin virtuaalisuuteen liittyvää englanninkielistä asiasanastoa sekä omia aiheeseen liittyviä hakusanoja. Yhtenä oleellisimmista hakusanoista nousi termi ”head mounted display”, jonka avulla kyettiin rajaamaan laitteistoista virtuaaliteknisistä ratkaisuista. Hakusanalla ”stroke”, pyrittiin rajaamaan hakua koskemaan aivoverenkiertohäiriön kuntoutusta. Näiden lisäksi hauissa käytettiin termejä ”virtual reality environment”, ”virtual reality” sekä ”immersive virtual reality”.

Tavoitteena tiedonhankinnassa oli saada laaja otos tutkimuksia, joissa aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa hyödynnetään HMD-järjestelmää. Käytettävän laitteiston rajaamisen motiivi spesifisti HMD-järjestelmään eli virtuaalitodellisuuslaseihin nousee kyseisen teknologian ominaisuuksista sekä ajankohdasta sen ilmestymisestä markkinoille. Tutkimuksien tulee olla vähintäänkin sovellettavissa aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen, mutta sen ei tarvitse olla kokeellinen tutkimus aivoverenkiertohäiriöpotilailla. Tiedonhankinnassa otosta ei rajata ammattiryhmien mukaan vaan otokseen valitaan kaikkien aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa mukana olevien ammattiryhmien tuotoksia – tämä on myös tärkeää moniammatillisuusnäkökulman

kannalta. Tutkimusten kokotekstit no oltava saatavilla, jotta voidaan tarkemmin tutustu käytettyyn laitteistoon sekä kuntoutus- ja tutkimusmenetelmiin.

Tiedonhankinnassa keskityttiin erityisesti uusiin tutkimuksiin, sillä kirjallisuuskatsauksessa ollaan kiinnostuttu uuden teknologian tuomista mahdollisuuksista. Tutkimushaussa otettiin kuitenkin mukaan ennen vuonna 2014 julkaistuja tutkimuksia, mikäli ne kattavat muilta ominaisuuksiltaan sisäänottokriteerit. Vanhempien tutkimuksien mukaan ottaminen mahdollistaa laitteiston teknologisen kehityksen arvioinnin ja sen, miten tämä vaikuttaa mahdollisesti tuloksiin. Tiedonhankintataulukossa aikarajauksella ”01.01.2014 jälkeen” tehdyt haut on merkitty kirjaimella A ja aikarajauksella ”ennen 01.01.2014” tehty haku kirjaimella B. Taulukossa 2. haut on esitetty kronologisessa järjestyksessä, jolloin seuraavassa haussa on voitu poissulkea jo löydetty ja arvioidut tutkimukset. Taulukossa 1. on esitetty sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Taulukko 1. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Tutkimuksessa on käytetty virtuaalito-dellisuuslaseja (HMD, head mounted display).	Tutkimuksessa ei ole käytetty virtuaalito-dellisuuslaseja, vaan jotain muuta laitetta (esimerkiksi televisiota).
A. Tutkimus on julkaistu 01.01.2014 jälkeen. B. Tutkimus on julkaistu ennen 01.01.2014, mutta kattaa muut sisäänottokriteerit.	Tutkimus on julkaistu ennen päivämäärää 01.01.2014, eikä kata muita sisäänottokriteerejä.
Tutkimus käsittelee tai on sovellettavissa aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen tai tutkimiseen.	Tutkimus ei käsittele eikä ole sovellettavissa aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen tai tutkimiseen.
Tutkimuksen kokoteksti on saatavilla.	Tutkimuksen kokoteksti ei ole saatavilla.
Tutkimuksen kieli suomi tai englanti.	Tutkimuksen kieli jokin muu kuin suomi tai englanti.

Taulukko 2. Tutkimushaku tietokannoista

Tietokanta	Hakulauseke	Tutkimukset
PMC	haku 1. "immersive virtual reality" AND "stroke"	A. Tutkimuksia 65 kpl → kokotekstin perusteella 5 kpl B. Tutkimuksia 29 kpl → kokotekstin perusteella 4 kpl
	haku 2. "head mounted display" AND "stroke"	A. Tutkimuksia 77 kpl → kokotekstin perusteella 6 kpl B. Tutkimuksia 62 kpl → kokotekstin perusteella 7 kpl
	haku 3. "head mounted display" AND "stroke" AND "virtual reality"	A. Tutkimuksia 60 kpl → ei uusia tutkimuksia B. Tutkimuksia 47 → ei uusia tutkimuksia
PubMed	haku 4. "head mounted display" AND "stroke"	A. Tutkimuksia 3 kpl → ei uusia tutkimuksia B. Tutkimuksia 2 kpl → ei uusia tutkimuksia
Pedro	haku 5. "virtual reality" AND "stroke"	A. Tutkimuksia 53 kpl → ei uusia tutkimuksia B. Tutkimuksia 43 kpl → ei uusia tutkimuksia
Google Scholar	haku 6. "head mounted display" AND "stroke rehabilitation"	A. Tutkimuksia 258 kpl → kokotekstin perusteella 2 kpl B. Tutkimuksia 475 kappaletta → kokotekstin perusteella 2 kpl

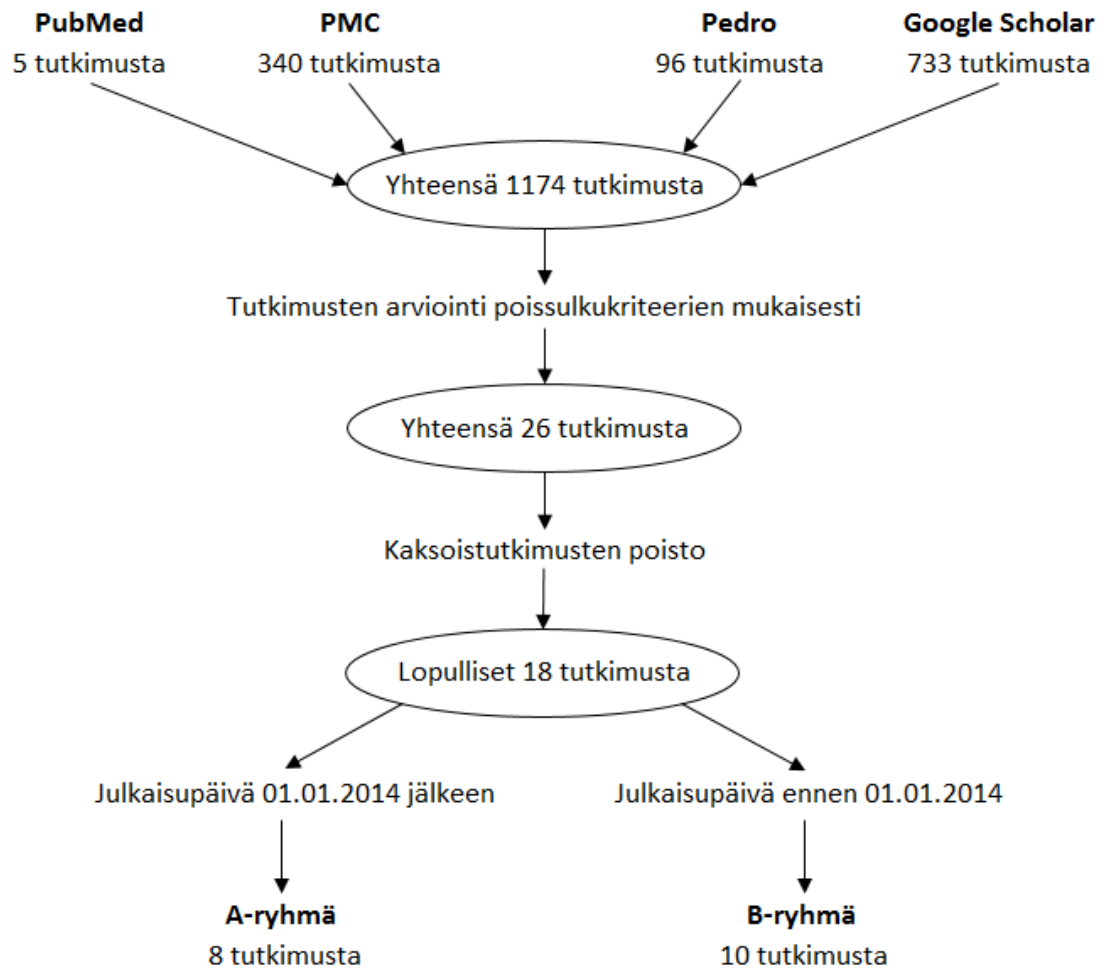
Tutkimusten haku aloitettiin 28.8.2017 PMC -tietokannasta hakulausekkeella "immersive virtual reality" AND "stroke". Ensimmäisessä haussa hyödynnettiin aikarajasta "01.01.2014 jälkeen" uusien tutkimusten löytämiseksi. Tutkimustuloksia tuli 65 kappaletta, joista poissuljettiin otsikon perusteella kuusi tutkimusta. Loput tutkimuksista arvioitiin poissulkukriteerien mukaisesti kokotekstin perusteella, jolloin tutkimuksia jäi jäljelle viisi kappaletta. Seuraava haku tehtiin samassa tietokannassa samoilla hakusanoilla aikarajauksella "ennen 01.01.2014", jolloin saatiin poissuljettua uudet tutkimukset pois otoksesta. Uusia tutkimuksia saatiin näin 29 kappaletta, joista suljettiin otsikon perusteella yhdeksän tutkimusta. Loput 20 tutkimusta arvioitiin kokotekstin perusteella, jolloin jäljelle jäi 4 uutta tutkimusta. PMC -tietokannassa tehtiin seuraava haku hakulausekkeella "head mounted display" AND "stroke", aikarajaus "01.01.2014 jälkeen". Tutkimustuloksia tuli 77 kappaletta, joista 20 suljettiin pois otsikon perusteella. Loput 57 tutkimusta arvioitiin kokotekstin perusteella, jolloin kuusi tutkimusta jäi jäljelle. Seuraava haku suoritettiin samoilla hakusanoilla, mutta aikarajauksella "ennen 01.01.2014". Tutkimuksia tuli 62 kappaletta, joista otsikon perusteella suljettiin pois 30 tutkimusta. Loput 32 tutkimusta arvioitiin kokotekstin perusteella, jolloin jäljelle jäi seitsemän kappaletta tutkimuksia. PMC-tietokannassa suoritettiin vielä kaksi hakua hakulausekkeella "head mounted display" AND "stroke" AND "virtual reality", ensin aikarajauksella "01.01.2014 jälkeen", jolloin hakutuloksia tuli 60 kappaletta. Näistä tutkimuksista suljettiin pois duplikaatteina tai muuten otsikon perusteella 55, ja loput viisi kokotekstin perusteella. Aikarajauksella "ennen 01.01.2014" hakutuloksia tuli 47 kappaletta, joista suljettiin myös duplikaatteina tai otsikon perusteella 45 kappaletta, kokotekstin perusteella suljettiin pois kaksi tutkimusta.

Seuraava haku suoritettiin PubMedin tietokannassa hakusanoilla "head mounted display" AND "stroke", aikarajauksella "01.01.2014 jälkeen". Hakutuloksia tuli kolme kappaletta, jotka suljettiin kaikki pois duplikaatteina. Seuraava haku suoritettiin samoilla hakusanoilla, aikarajauksella "ennen 01.01.2014", jolloin tutkimuksia löytyi kaksi kappaletta, jotka suljettiin pois duplikaatteina tai otsikon perusteella. Seuraava haku suoritettiin Pedro-tietokannassa hakulausekkeella "virtual reality" AND "stroke", aikarajauksella "01.01.2014 jälkeen". Tutkimuksia löytyi 53 kappaletta,

joista 27 suljettiin pois otsikon perusteella. Loput suljettiin pois tutkimuksen maksumuurin vuoksi tai kokotekstin perusteella, eikä uusia tutkimuksia löytynyt. Pedrossa tehtiin vielä toinen haku samalla hakulausekkeella, aikarajauksella ”ennen 01.01.2014”. Tutkimuksia löytyi 43 kappaletta, joista 15 suljettiin pois otsikon perusteella. Loput tutkimuksista suljettiin pois maksumuurin tai kokotekstin perusteella. Uusia tutkimuksia ei löytynyt Pedro-tietokannasta.

Tiedonhaun viimeiset haut suoritettiin Google Scholar palvelun kautta ensin hakulausekkeella ”head mounted display” AND ”stroke” aikarajauksella ”01.01.2014 jälkeen”, jolloin hakutuloksia löytyi 1370 kappaletta. Hakutuloksien määrä koettiin liian suureksi, joten hakulauseke muutettiin seuraavaksi: ”head mounted display” AND ”stroke rehabilitation”, jonka jälkeen hakutuloksia löytyi 258 kappaletta. Näistä suurin osa suljettiin pois otsikon perusteella ja monet niistä olivat duplikaatteja jo löydettyjen tutkimusten kanssa. Lopuista tutkimuksista suljettiin pois kokotekstin maksumuurin tai kokotekstin perusteella tutkimuksia pois niin, että lopulta vain kaksi tutkimusta valikoitui otokseen mukaan. Viimeinen tiedonhaku suoritettiin Google Scholar tietokannasta samalla hakulausekkeella, mutta aikarajauksella ”ennen 01.01.2014”. Tutkimuksia löytyi 475 kappaletta. Näistä vain 30 tutkimusta arvioitiin kokotekstin perusteella ja mukaan löytyi kolme sisäänottokriteerit täyttävää tutkimusta. Näistä yksi tutkimus jätettiin otoksen ulkopuolelle heikon luotettavuuden vuoksi, joten kaksi tutkimusta otettiin lopulta kirjallisuuskatsaukseen mukaan. Google Scholarin suuren tutkimusotoksen analysoinnissa helpotti palvelun luoma järjestys hakutuloksille. Viimeisimpien sivujen selaaminen onnistui nopeasti, kun siellä oli enää soveltuvuudeltaan heikkoja tai väärän kielisiä artikkeleita.

Tiedonhaussa löydetyistä 26:stä tutkimuksesta poistettiin kahdeksan tutkimusta duplikaatteina. Tiedonhaun päättyessä 18 sisäänottokriteerit täyttävää tutkimusta ovat valmiina ryhmissä A ja B julkaisupäivän mukaan; ryhmässä B on ennen 01.01.2014 julkaistut tutkimukset ja ryhmässä A kyseisen päivämäärän jälkeen. Tämän odotetaan helpottavan aineiston analyysia. Kuviossa 9. havainnollistetaan tiedonhakuprosessi karkeasti koko tutkimusaineiston näkökulmasta.



Kuvio 7. Tiedonhakuprosessi koko aineiston näkökulmasta

5.4 Aineiston analyysi

Laadullisen, eli kvalitatiivisen aineiston analyysi tapahtuu polveilevasti tai spiraalin muotoa muistuttaen, jossa aineistoa käydään uudelleen ja uudelleen läpi. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 218.) Kvalitatiivisen tutkimuksen aineisto voi myös olla kvantitatiivista laajempi, eikä se ole sidottu rajattuun aineistoon (Mäkelä 1990, 46). Opinnäytetyön tiedonhankinta toteutettiin systemaattisesti tarkasti rajattujen kriteerien mukaisesti, mikä muistuttaa tutkimuksellisesti kvantitatiivista tutkimusotetta. Aineiston analyysissa jatketaan samaa systemaattisuutta tutkimusaineistoa luokitellen. Luokittelun jälkeen kuitenkin siirrytään ehkä metodisesti kvalitatiiviseen, polveilevaan analyysiin, jossa luokittelun pohjalta muodostettuja kategorioita avataan laajalaisesti niissä esiintyviä yhteisiä suhteita - samankaltaisuuksia ja erilaisuuksia etsien.

Tutkimusaineistoksi muodostui virtuaaliteknologian puolesta homogeeninen, mutta muilta ominaisuuksiltaan kovin heterogeeninen aineisto. Aineiston analyysiprosessi aloitettiin kirjoittamalla jokaisesta tutkimuksesta seuraavat pääkohdat muistiin: ammattiala, tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja tulokset, käytetty laitteisto, huomiot laitteiston käytöstä sekä muut tutkijoiden nostamat asiat pohdinnassa. Tämän jälkeen tutkimusaineisto luokiteltiin alakategorioihin niissä käytetyn laitteiston, laitteiston sivuvaikutusten sekä tutkimustulosten soveltuvuuden mukaan. Tutkimusaineisto jaettiin jo tiedonhakuprosessissa julkaisuajan mukaan ryhmiin A ja B. Luokittelussa muodostettuja kategorioita ja tutkimusten erottelua hyödynnetään tutkimustuloksia avattaessa. Tutkimusaineiston luotettavuuden arvioinnissa tulee huomioda, että kaikki tutkimukset eivät ole tieteellisistä tietokannoista, vaan mukana on myös yksi konferenssijulkaisu (San Luis ym. 2016; liite 3). Kyseisen tutkimuksen tutkimusmenetelmä on kuitenkin aiheen kvalitatiivisen arvioinnin kannalta oleellista tietoa, minkä vuoksi tutkimus otetaan mukaan katsaukseen. Tutkimuksen tarkempi laadun ja luotettavuuden arviointi tehdään opinnäytetyön lopussa.

Luokittelu HMD-laitteiston perusteella

Luokittelu aloitettiin taulukoimalla tutkimukset käytetyn HMD-laitteiston mukaan (taulukko 3). Tutkimukset asetettiin ryhmiin A ja B julkaisuvuoden mukaan ja jaettiin vielä tarkempaan kronologiseen järjestykseen julkaisuvuoden perusteella alhaalta ylöspäin. Aineiston analyysin ensimmäisessä vaiheessa oli jo kirjattu käytetyt HMD-laitteet ylös. Nämä laitteet asetettiin taulukkoon joko valmistajien kotisivuilla kerrotun tai muun aineiston perusteella arvioidun julkaisuajankohdan perusteella. Kaikissa tutkimuksissa ei ollut tarkempaa selvitystä HMD-laitteesta tai se oli valmistettu tutkimusta varten itse. Nämä laitteet sijoitettiin kategorian ”oma tai muu” alle. Laitteet jaettiin värikoodeihin julkaisuajan mukaan: siniset julkaistu vuoden 2010 jälkeen, keltaiset vuosien 2000-2010 aikana ja vihreässä ennen vuotta 2000 tai julkaisuajasta ei ole tietoa.

Taulukko 3. Laitteiston luokittelu

		Samsung Gear VR (2015) Oculus Rift DK2 (2014) EMagin Z800 3DVisor (2005) nVisor SX111 (2003 jälkeen) nVisor SX60 (2003) Cy-Visor DH-4400VP (est. 2001) GEOMC FX601 (1998) Virtual Research V1280 (n.d) Virtual Research V8 (n.d) Oma tai muu (n.d)										
A	Sharma ym. 2017		X									
	Anglin ym. 2017		X									
	San luis ym. 2016	X										
	Mosadeghi ym. 2016	X										
	Budziszewski ym. 2016			X								
	Salisbury ym. 2016			X								
	Sugihara ym. 2016											X
	Aravind ym. 2014					X						
B	Kang ym. 2012			X								
	Perez-Marcos ym. 2012				X							
	Gamito ym. 2012			X								
	Iorizzo ym. 2012								X	X		
	Subramanian ym. 2011						X					
	Tanaka ym. 2010							X				
	Crosbie ym. 2008						X					
	Lamontagne ym. 2007							X				
	Subramanian ym. 2007							X				
	Tanaka ym. 2005											X

Sivuvaikutukset HMD-järjestelmän käytöstä

18 tutkimuksesta seitsemässä kiinnitettiin huomiota HMD-järjestelmän mahdollisiin sivuvaikutuksiin, lopuissa kymmenessä tutkimuksessa sivuvaikutuksista ei ollut mainintaa kokotekstiversiossa. Taulukkoon 4. on merkitty sivuvaikutukset värikoodien avulla.

Taulukko 4. Taulukon 3. värikooditus sivuvaikutusten mukaan

Merkki	Peruste	Määrä (n = 18)
X	Tutkimukset, joissa sivuvaikutukset huomioitiin ja niitä ei esiintynyt.	4
X	Tutkimukset, joissa sivuvaikutukset huomioitiin ja niitä esiintyi.	3
X	Tutkimukset, joiden kokotekstissä ei ollut mainintaa sivuvaikutuksista.	11

Luokittelu soveltuvuuden mukaan

Seuraavaksi tutkimukset luokiteltiin omiin kategorioihin niiden soveltuvuuden mukaan. Soveltuvuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, miten tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen liittyvässä toiminnassa. Sovellettavissa olevissa tutkimuksissa tutkimusryhmään ei ole kuulunut AVH-kuntoutujia, mutta tutkimustiedolla voidaan tukea soveltuvien tutkimuksien tuloksia, arvioida moniammatillisia mahdollisuuksia sekä pohtia muita potentiaalisia käyttötapoja HMD-laitteistolle. Tarkoituksena on löytää tutkimusaineistosta tutkimuksia yhdistäviä ja erottavia tekijöitä. Tutkimusaineisto (n = 18) jaettiin seuraaviin kategorioihin taulukkoon 5.

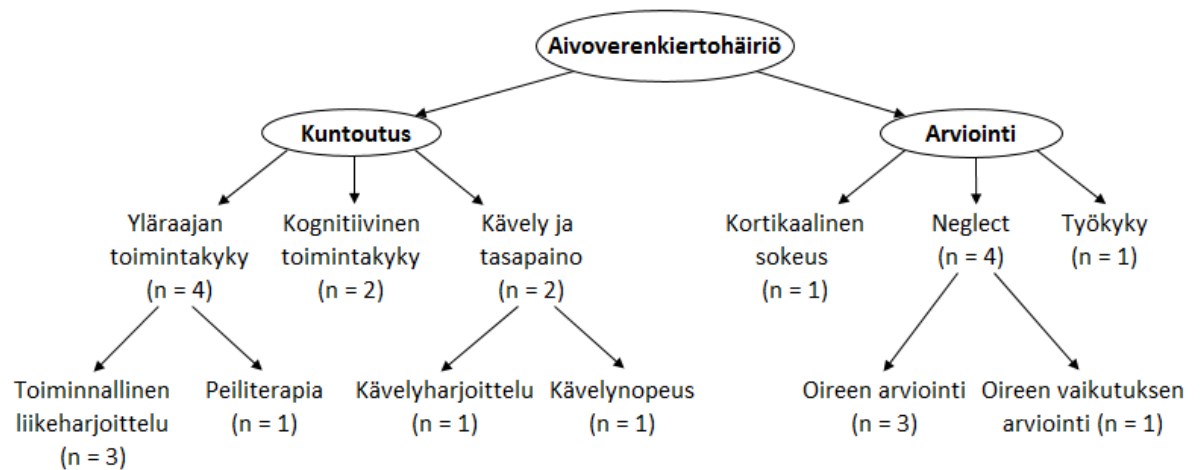
Taulukko 5. Tutkimusten luokittelu soveltuvuuden mukaan

Soveltu (tutkimuksissa käsitellään AVH-kuntoutujia)	Määrä (n = 14)
Yläraajan toimintakyvyn kuntoutus	4
Tarkkaavuuden tai visuaalisten oirekuvien arviointi	5
Kognitiivisten oirekuvien kuntoutus	2
Kävelyn ja tasapainon kehittäminen	2
Työkyvyn arviointi	1
Sovellettavissa (tutkimuksessa ei käsitellä AVH-kuntoutujia)	Määrä (n = 4)
Kivun ja ahdistuksen hoito	1
Yläraajan toimintakyvyn kuntoutus ja arviointi	1
Sijaintitieto	1
Etäkuntoutus	1

5.5 Tutkimustulokset

Mihin virtuaalitodellisuuslaseja on käytetty aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa tai arvioinnissa?

HMD-laitteistoa on käytetty aivoverenkiertohäiriöön liittyvien oirekuvien kuntoutuksessa ja arvioinnissa erityisesti yläraajan toimintakyvyn, tarkkaavuuden ja visuaalisten oirekuvien osalta. Tutkimusotoksesta aivoverenkiertohäiriökuntoutujilla tehtävistä tutkimuksista suurin osa keskittyi AVH-kuntoutukseen ($n = 8$) ja alle puolet eri oirekuvien tai toimintakyvyn arviointiin ($n = 6$).



Kuvio 8. HMD-laitteiston käyttökohteet

Yläraajan toimintakyvyn kehittämisessä HMD-laitteistoa on käytetty yläraajan toiminnallisessa harjoittelussa (Crosbie ym. 2008; Subramanian ym. 2007; Subramanian ym. 2011) ja peiliterapiassa (Kang ym. 2012). Kävelyn ja tasapainon kehittämisen osalta HMD-laitteistoa on käytetty toiminnallisessa kävely- ja tasapainoharjoittelussa (San Luis ym. 2016) sekä kävelynopeuden lisäämisessä kävelymattokävelyssä (Lamontagne ym. 2007). Kognitiivisen toimintakyvyn kuntoutuksessa HMD-laitteistoa on käytetty immersiiivisten arkielämän simulaatioiden luomisessa (Gamito ym. 2012; Salisbury ym. 2016).

Aivoverenkiertohäiriöstä aiheutuvien oirekuvien arvioinnissa HMD-laitteistoa on käytetty erityisesti neglect-oireen arviointiin (Sugihara ym. 2016; Tanaka ym. 2010; Tanaka ym. 2005) ja sen vaikutuksiin visuaalisen havainnointikykyyn (Aravind & Lamonagne 2014). Kortikaalisen sokeuden osalta HMD-laitteiston avulla pyrittiin selvittämään siihen liittyvien kompensatiomenetelmien esiintyvyyttä istuma-asennossa sekä kävelyn aikana (Iorizzo ym. 2011). Näiden lisäksi HMD-laitteistolla luotua immersiiivistä virtuaaliympäristöä on käytetty AVH-kuntoutujan työkyvyn arvioinnissa simuloitun työpisteen avulla (Budziszewski ym. 2016).

HMD-laitteistoa käytettiin virtuaalitodellisuuden luomiseen 15 tutkimuksessa. Kolmessa neglect-oireen arviointiin liittyvässä tutkimuksessa laitteistoa käytettiin teoriassa täydennetyn todellisuuden luomiseen.

Minkälaista näyttöä virtuaalitodellisuuslasien käytöstä on aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen liittyvässä toiminnassa?

Yläraajan toimintakyvyn kuntoutukseen liittyy neljä tutkimusta. Näistä kaksi on Subramanianin ja muiden tekemiä tutkimuksia samanlaisella tutkimusmenetelmällä, mutta erilaisella tutkimusotoksella ja kontrolliryhmällä. Molemmissa näistä tutkimuksista käytettiin samanlaista HMD-järjestelmää sekä tehtävää, johon kuului kuuden hissin napin painaminen. Subramanianin ja muiden (2007; liite 17) tutkimuksen mukaan HMD-laitteella suoritettussa harjoittelussa yläraajan liikkeet ovat todelliseen ympäristöön verrattuna hitaampia ja hieman epätarkempia sekä terveillä että AVH-kuntoutujilla. Subramanianin ja muiden vuoden 2011 (liite 13) tutkimuksen mukaan todettiin samoin: HMD-laitteella tehty harjoittelu oli epätarkempaa sekä terveillä että AVH-kuntoutujilla, mutta suureen WoW-järjestelmään verrattuna. Molemmissa tutkimuksissa mainitaan VR-harjoittelun olleen motivoivampaa ja mukavampaa todellisessa ympäristössä tapahtuvaan harjoitteluun verrattuna.

Crosbien ja muiden (2008; liite 15) tutkimuksessa toiminnallisella, virtuaalitodellisuudessa toteutetulla tehtäväkeskeisellä harjoittelulla ei ollut merkittävää eroa perinteiseen fysioterapeuttiseen yläraajaharjoitteluun verrattuna. Tutkijoiden mukaan virtuaalitodellisuudessa tapahtuvaa yläraajaharjoittelua ei voida kuitenkaan vielä kyseisen tutkimuksen perusteella suositella perinteisen yläraajaharjoittelun tilalle.

Yhdessä tutkimuksessa (Kang ym. 2012; liite 9) verrattiin peiliterapian suorittamista virtuaalitodellisuudessa todellisessa ympäristössä tapahtuneeseen peiliterapiaan. Tutkimuksen mukaan peiliterapia saattaa olla tehokkaampaa virtuaalitodellisuudessa ajoittaisella visuaalisella palautteella.

San Luisin ja muiden (2016; liite 3) konferenssissa julkaistun tutkimuksen mukaan fysioterapia toteutettuna osittain HMD-laitteella saattaa olla pelkkää fysioterapiakuntoutusta tehokkaampaa kävelyn ja tasapainon kehittämisessä. Tutkimuksessa VR-ryhmä paransi tuloksiaan enemmän kontrolliryhmään verrattuna Bergin tasapainotestissä, TUG-testissä ja CTSIB-testissä. Lamontagnen ja muiden (2007; liite 16) tutkimuksessa saatiin kasvatettua aivoverenkiertohäiriökuntoutujan kävelynopeutta hetkellisesti jopa 1,44 kertaisesti virtuaaliympäristössä toteutetun optisen virtauksen avulla. Tutkimustulosten mukaan virtuaalisella optisella virtauksella voidaan vaikuttaa kuntoutettavan kävelynopeuteen kävelymatolla ja näin tehostaa kävelykuntoutusta.

Kognitiivisten oirekuvien kuntoutukseen soveltuvia tutkimuksia oli kaksi. Gamiton ja muiden (2012; liite 11) tutkimuksessa todettiin virtuaaliympäristössä tapahtuvan kognitiivisen kuntoutuksen olevan tehokasta, mutta tuloksissa ei näkynyt tilastollisesti merkittävää eroa WoW- ja HMD-laitteiston välillä. Tutkimusryhmästä poissuljettiin henkilöt, joiden AVH:sta oli yli kuusi kuukautta. Salisburyn ja muiden (2016; liite 6) alustavassa tutkimuksessa tutkittiin kahden erilaisen virtuaaliympäristön tehokkuutta HMD-laitteistolla henkilöillä, joilla on hankittu keskushermoston vaurio. Kognitiivisen kuntoutuksen todettiin olevan tehokasta aivoverenkiertohäiriökuntoutujilla käytettäessä HMD-laitteistoa.

Neglect-oireisiin liittyvistä tutkimuksista kolme muodosti oman mielenkiintoisen kokonaisuutensa; kyseessä on lähes saman japanilaisen tutkimusryhmän jatkotutkimukset vuosilta 2005, 2010 ja 2016 (liitteet 18, 14 ja 7) koskien heidän kehittämää HMD-järjestelmää visuospatiaalisen neglectin arviointiin. Sugiharan ja muiden (2016; liite 7), Tanakan ja muiden (2010; liite 14) sekä Tanakan ja muiden (2005; liite 18) tutki-

muksissa visuospatiaalisen neglectin arviointiin hyödynnettiin täydennettyä todellisuutta korvaten tutkittavan näkökentän kokonaan viivojenetsimistehtäväpaperin videokuvalla. Tutkimustulosten mukaan visuospatiaalisen neglectin arviointi erityisesti vasemman puolen oirekuvassa saattaa olla HMD-laitteen avulla tarkempaa verrattuna perinteisiin kynä-paperitehtäviin. Tanaka ja muut (2005; liite 18) esittävät hypoteesin, että kolmiulotteisella testillä saataisiin tarkempia arviointituloksia kaksiulotteiseen paperitestiin verrattuna. Tanakan ja muiden (2010; liite 14) mukaan HMD-laite saattaa tulevaisuudessa olla merkittävä osa neglect-oireen kuntoutusta.

Aravindin ja muiden (2014; liite 8) tutkimuksessa käytettiin HMD-laitetta tutkimusvälineenä testattaessa neglect-oireisten törmäysriskiä liikkuviin esteisiin kävelyn aikana. Tutkimustuloksien mukaan neglect-oireiset ovat suuremmassa riskissä törmätä liikkuvaan esteeseen, joka lähestyy heitä suoraan edestä tai aivovaurion vastakkaiselta puolelta. Tutkijoiden mukaan tutkimustuloksia ja siinä käytettyjä menetelmiä voidaan hyödyntää neglect-oireisen havaintokyvyn tutkimisessa ja kuntoutuksessa.

Iorizzon ja muiden (2011; liite 12) tutkimuksessa tutkittiin kortikaalisen sokeuden vaikutusta katsestrategioihin kävelyn ja istumisen aikana. Katsestrategioiden todettiin olevan vahvimmillaan istuma-asennossa. Kävelyn aikana kortikaalisesti sokeiden pään asento muistutti terveiden ihmisten asentoa. Tämä katsestrategioiden puute johti heikentyneeseen visuaaliseen havaintokykyyn.

HMD-laitteiston käyttöä työkyvyn arvioinnissa tutkittiin Budziszewskin ja muiden (2016; liite 5) tutkimuksessa, jossa kaksi AVH-kuntoutujaa työskenteli virtuaalisella työpisteellä. Tutkimustuloksien mukaan virtuaalitodellisuudella voidaan arvioida yläraajan toiminnanvajauksen omaavan henkilön työkykyä. Kuntoutuja osaa simuloitun työskentelyn avulla myös arvioimaan omaa työkykyään ja tekemään kehitysehdotuksia esimerkiksi työympäristöön tämän kehittämiseksi.

Minkälaisia käyttökokemuksia virtuaalitodellisuuslasien käytöstä nousee esille tutkimuksista?

Tutkimusotoksessa HMD-laitteiston käyttö on heterogeenistä laitteiden ominaisuuksien sekä julkaisupäivän mukaan. Periaatteeltaan laitteisto on kuitenkin pääsääntöisesti yhdenmukaista. Laitteiston ominaisuuksien kuvaaminen oli suurimmassa osassa tutkimuksia vajaata, eikä kaikissa tutkimuksissa kerrottu edes laitteen nimeä tai muita perusominaisuuksia. Taulukosta 3. nähdään, että pääasiallisesti uudemmissa tutkimuksissa on pyritty käyttämään uudempaa teknologiaa. Vuonna 2015 julkaistu Samsung GearVR -laitetta on käytetty jo vuonna 2016 julkaistuissa San Luisin ja muiden (liite 3) sekä Mosadeghin ja muiden (liite 4) tutkimuksissa. Taulukosta voidaan kuitenkin myös havainnoida, että myös vanhempia laitteita kuten EMagin Z800 3DVisoria on käytetty vielä vuonna 2016 Budziszewskin ja muiden sekä Salisburyn ja muiden tutkimuksissa. Ennen vuotta 2000 julkaistua Kaiser XL50 -laitetta ei ole tässä tutkimusotoksessa käytetty vuoden 2011 jälkeen, jolloin Subramanian ja muut käyttivät sitä tutkimuksessaan.

Taulukon 3. mukaan vain seitsemässä tutkimuksessa 18:sta on mainintoja HMD-laitteiston sivuvaikutuksista. Näistä seitsemästä tutkimuksesta viisi on julkaistu vuoden 2014 aikana tai jälkeen. Tämä kertoo siitä, että uudemmissa tutkimuksissa kiinnitetään enemmän huomiota HMD-laitteiston käyttömukavuuteen. On kuitenkin syytä huomata, että taulukossa 3. mustalla merkityissä tutkimuksissa ei siis noussut esiin tutkimukseen vaikuttavia komplikaatioita, kuten keskeytyksiä laitteiston sivuvaikutusten vuoksi. Esimerkiksi punaisella merkityssä Crosbien ja muiden (2008; liite 15) tutkimuksessa ei tutkittu sivuvaikutuksia SSQ-kyselyn avulla, mutta tutkimusraportissa mainitaan yhden koehenkilön keskeyttäneen tutkimuksen ensimmäisen VR-session jälkeen. Muu tutkimusryhmä ($n = 17$) suoritti kaikki yhdeksän VR-sessiota, ja heistä kahdella oli lievää huimausta ja päänsärkyä HMD-laitteen käytöstä. Tutkimuksessa tehtiin toiminnallista yläraajaharjoittelua, jota voidaan luonnehtia nopeatempoiseksi.

Tarkemmasta sivuvaikutusten raportoinnista on hyvänä esimerkkinä Mosadeghin ja muiden (2016; liite 4) tutkimus, jossa tarkoituksena oli selvittää HMD-laitteiston sopi-

vuotta sairaalan vuodepotilaille kivun ja ahdistuksen hoitoon. Tutkimusryhmän pois-sulkukriteereihin sisältyi AVH-kuntoutujat, minkä vuoksi tutkimus on opinnäytetyöhön liittyen vain sovellettavissa. Kyseisessä tutkimuksessa selvitettiin laajasti laitteiston käyttömukavuuteen liittyvien asioiden lisäksi laitteiston käyttöön liittyviä ennakoasenteita potilaiden keskuudessa. Ennakkoasenteista kertoo muun muassa 87:stä potentiaalisesta tutkittavasta 57:n potilaan kieltäytymisen tutkimukseen osallistumiseen. Laitteeseen liittyviä ennakkoluuloja olivat muun muassa hallinnan menettäminen ja pelko, että virtuaalitodellisuus on jonkinlainen psykologinen koe. 30 tutkittavasta yksi keskeytti pahoinvoinnin vuoksi ja yksi tutkittava ei kyennyt kannattelemaan HMD-laitteen painoa. Jäljelle jäävistä 28 tutkittavasta yhdellä esiintyi lievää huimasta VR-session jälkeen. 14 tutkittavaa koki laitteen mukavaksi, 13 piti epämuksuavana ja yksi kieltäytyi vastaamasta. Suurin osa tutkittavista (61%, 17/28) antoi kuitenkin laitteeseen liittyen positiivista palautetta.

Salisburyn ja muiden (2016; liite 6) pilottitutkimuksessa käytettiin tutkimuksen yhteydessä SSQ-kyselyä sivuvaikutusten huomioimiseksi. Tutkittavista (n = 21) kuusi raportoi lievää väsymystä, päänsärkyä sekä sumentunutta näköä ensimmäisen session jälkeen. Neljännen VR-session jälkeen nämä HMD-laitteeseen liittyvien sivuvaikutusten raportointien määrä tippui neljään. Yksikään tutkittavista ei jättäytynyt tutkimuksesta pois vapaavalintaisesti. SSQ-kyselyä käytettiin myös Anglinin ja muiden (2017; liite 2) tutkimuksessa, mutta heidän tutkimuksessaan kyselyn tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa tutkimus- ja kontrolliryhmien välillä.

Tanakan ja muiden (2005; liite 18) ja Aravindin ja muiden (2014; liite 8) tutkimuksissa mainittiin, ettei HMD-laitteen käytöstä noussut sivuvaikutuksia tai epämuksuuden tunnetta. Kyseisissä tutkimuksissa ei kuitenkaan ole tämän tarkempaa raportointia sivuvaikutuksista, eikä niissä teetetty esimerkiksi SSQ-kyselyä.

San Luisin ja muiden (2016; liite 3) tutkimuksessa ei esiintynyt suurempaa huimausta, huonovointisuutta tai silmien väsymistä. Tässä käytetty sanamuoto voisi kuitenkin viitata siihen, että lieviä sivuvaikutuksia saattoi esiintyä, mutta näistä ei ollut raportointia. Tutkimuksessa pyrittiin myös välttämään pahoinvoinnille altistavia ominai-

suuksia kuten ylös-alas -liikesuunnassa tapahtuvaa liikettä virtuaaliympäristöä muokkaamalla. Käyttäjäkokeemukset olivat suurimmaksi osaksi positiivisia. Tutkittavat kertoivat liikkumisen halun olevan suurempaa virtuaalisessa ympäristössä todelliseen ympäristöön verrattuna. Terapeuttien mukaan myös tutkittavien kävelyn ryhti ja nopeus oli laadukkaampaa virtuaalitodellisuudessa perinteiseen todellisessa ympäristössä tapahtuvaan kävelyharjoitteluun verrattuna.

5.6 Tutkimustulosten pohdinta

Integroivassa kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin HMD-laitteiston käyttöä ja sen vaikuttavuutta aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa ja arvioinnissa. Tutkimustulosten mukaan virtuaalitodellisuuslaseja on käytetty kuntoutustarkoituksessa pääasiassa yläraajan toimintakyvyn, kävelyn ja tasapainon sekä kognitiivisten oirekuvien kuntoutuksessa. Arvioinnissa niitä on hyödynnetty tarkkaavuuteen liittyvän neglect-oireen ja sen vaikutuksien arviointiin. Muita arvioinnin kohteita olivat kortikaalisen sokeuden vaikutus havainnointikykyyn sekä AVH-kuntoutujan työkyky. Tutkimusotoksen mukaan näyttää siltä, että HMD-laitteiston hyötyjä on lähdetty selvittämään pääasiassa erilaisten tarkkaavuuden, visuaalisten sekä kognitiivisten toimintojen kuntoutuksessa ja arvioinnissa.

Yläraajan toimintakyvyn kehittäminen

Toiminnallisten, fyysiseen toimintakykyyn liittyvien, oirekuvien tutkiminen ja kuntouttaminen on ollut laitteiston puolesta vähäisempää. Tämä voi toisaalta johtua HMD-laitteen erosta aiempaan virtuaalitekнологiaan. Esimerkiksi toiminnalliseen harjoitteluun on jo aiemmin ollut toimivia virtuaalitekнологisia ratkaisuja, jolloin HMD-laitteiston tutkimus on kohdentunut selvittämään pääasiassa sen eroja aiempaan laitteistoon. Ei-immersiivisten laitteiden hyödyt yläraajan kuntoutuksessa on jo paljon tutkittu aihe (Saposnik, Cohen, Mamdani, Pooyania, Ploughman, Cheung, Shaw, Hall, Nord, Dukelow, Nilanont, Rios, Olmos, Levin, Teasell, Cohen, Thorpe, Lupacis & Bayley 2016). Yläraajan toimintakyvyn kehittämisessä omanlaisen menetelmän loivat Kang ja muut (2012; liite 9), jotka tutkivat peiliterapian eroja virtuaalisen

ja todellisen ympäristön välillä. Vaikka tutkimustulokset olivatkin virtuaalitodellisuuden kannalta lupaavia, saattoi virtuaaliympäristössä tehdyn peiliterapian tehtäväkeisyys vaikuttaa tuloksiin.

Subramanianin ja muiden tutkimusten mukaan yläraajan kinematiikka eroaa liikkeiden tarkkuuden ja liikenopeuden kohdalla HMD-laitetta käytettäessä (2007, liite 17; 2011, liite 13). Tähän voi toki vaikuttaa HMD-laitteiston ominaisuudet. Subramanianin ja muiden (2007, liite 17; 2011, liite 13) tutkimuksissa käytettiin Kaiser XL50 –laitetta, jonka horisontaalinen FOV on vain noin 40 astetta horisontaalisesti ja 30 astetta vertikaalisesti. Kyseisen laitteen resoluutio on 1024 x 768 pikseliä ja laite painaa yhden kilogramman. Näitä ominaisuuksia voidaan verrata esimerkiksi Anglinin ja muiden (2017, liite 2) tutkimuksessa käytetyn Oculus Rift DK2 –laitteeseen, jonka FOV on noin 100 astetta horisontaalisesti, resoluutio 1920 x 1080 pikseliä ja paino vain 440 grammaa. Anglin ja muut tutkivat visuomotorisen adaptaation eroja todellisen ja virtuaalisen ympäristön välillä. Heidän tutkimuksessaan yläraajojen liikkeissä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa. Tutkimusta ei tosin tehty AVH-kuntoutujille, eikä kyseisen tutkimuksen tutkimusmenetelmä ole Subramanianin ja muiden (2007; 2011) tutkimuksiin verrattavissa. Tutkimus herättää kuitenkin pohdintoja siitä, että onko Subramanianin ja muiden havaitsemaa kinematiikan eroavaisuutta enää uuden, kehittyneemmän HMD-laitteiston kohdalla.

Subramanianin ja muiden tutkimuksissa esiintyneet kinematiikan erot näkyivät erityisesti korkeussuunnassa sekä etäisyyden arvioinnissa virtuaaliympäristössä. Tämä voi toisaalta antaa viitteitä siitä, että virtuaaliympäristö on HMD-laitteiston kautta esiintynyt geometrisesti eroavasti todelliseen ympäristöön verrattuna esimerkiksi tunnelimaisen FOV:n vuoksi. Anglinin ja muiden (2017; liite 2) mukaan ihminen adaptoituu virtuaaliympäristöön: mikäli henkilölle esitetään pidemmät yläraajat virtuaaliympäristössä, jää tämän aiheuttamat toiminnot hetkellisesti päälle ihmisen siirtyessä todelliseen maailmaan. Virtuaalitodellisuuden mahdollistaessa hetkellisesti näinkin vahvan illuusion ja adaptaation, voidaan yläraajaharjoittelun vääränlaisen kinematiikan pelätä tuottavan negatiivisia kuntoutustuloksia erityisesti AVH-kuntoutujilla,

joilla yläraajan kuntouttaminen on käytännössä yläraajan oikeanlaisen liikkeen motorista oppimista. Toisaalta tämän tyyppinen adaptaatio voisi selittää virtuaalitodellisuuden tehokkuutta peiliterapiassa.

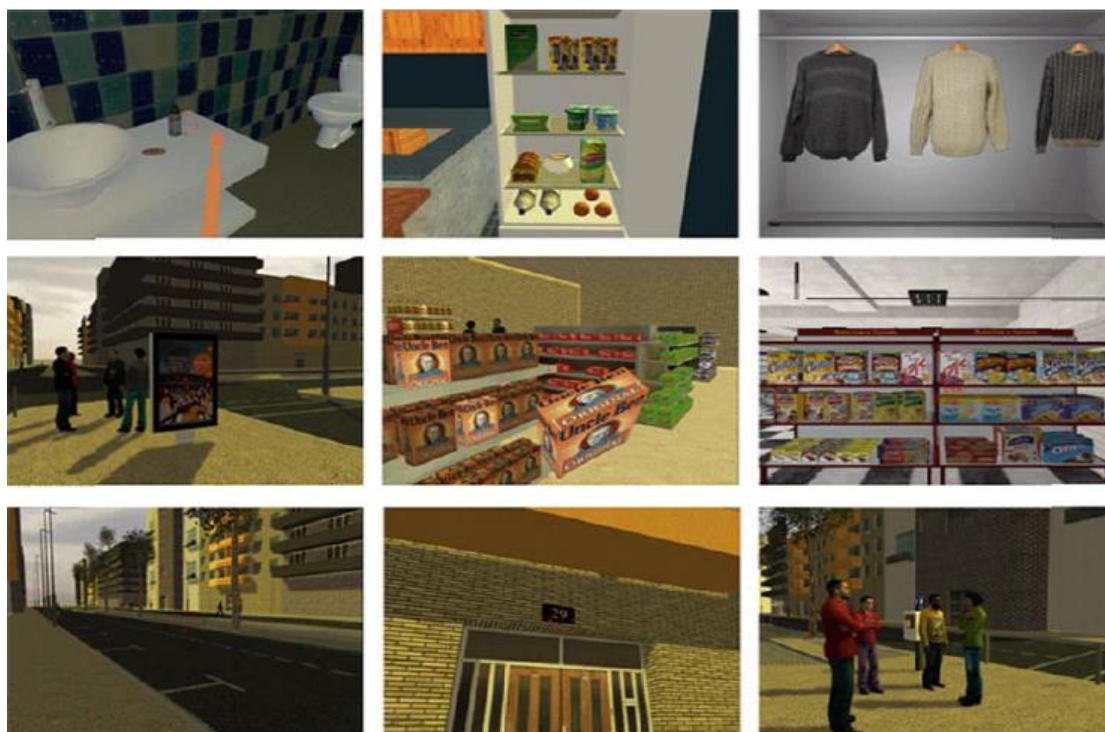
Kuten tutkimustuloksista huomataan, ei HMD-laitteistolla välttämättä ole tarjota mitään uutta yläraajan toiminnalliseen kuntoutukseen. Virtuaalitodellisuuslasien luoma fyysisen läsnäolon tunne virtuaaliympäristössä ei välttämättä lisää motivoivan palautteenkaan avulla harjoittelun tehoa tai vaikuttavuutta aiempiin virtuaalitekniisiin ratkaisuihin verrattuna perinteisessä yläraajan liikeharjoittelussa. On kuitenkin mahdollista, että Subramanianin ja muiden tutkimuksissa esiintyneiden kinematiikan erojen selittävänä tekijänä olisi sen aikaisen teknologian taso, kuten Anglinin ja muiden (2017; liite 2) tutkimus antaisi ymmärtää. Jonkinlaisena hypoteesina voitaisiin esittää, että mitä lähempänä virtuaalitodellisuus on todellisuutta, niin sitä vähemmän siinä esiintyy kinematiikan eroja todellisuuteen verrattuna.

Kaikissa yläraajan toimintakykyyn liittyvissä tutkimuksissa virtuaaliympäristössä toteutettu harjoittelu oli tutkimusryhmien mielestä hauskempaa ja motivoivampaa normaaliin harjoitteluun verrattuna. Tämä liittyy kuitenkin enemmän virtuaaliympäristön - kuin sen immersiiivisen esittämisen – ominaisuuksiin, sillä samanlaisia tutkimustuloksia on saatu myös ei-immersiivisen WoW-laitteiston avulla (Bao, Mao, Lin, Qiu, Chen, Li, Cates, Zou & Huang 2013). HMD-laitteisto ja virtuaalitodellisuus voidaan nähdä potentiaalisena yläraajan toimintakyvyn harjoittelumenetelmänä. Näiden, ehkä jopa epäselvien tutkimustulosten vuoksi HMD-laitteiston käyttö yläraajan motorisessa harjoittelussa jää kuitenkin vielä jatkotutkimusaiheeksi uudemmalla teknologialla.

Kognitiivisen toimintakyvyn kuntoutus

Yläraajakuntoutuksen lisäksi hieman epäselviä tuloksia esiintyi myös kognitiivisen toimintakyvyn kuntoutuksessa HMD-laitteiston osalta. Esimerkiksi Gamiton ja muiden (2012; liite 11) tutkimuksessa kognitiivinen kuntoutus virtuaaliympäristössä oli tehokasta, mutta sillä ei ollut merkitystä esitettiinkö virtuaalinen ympäristö HMD-laitteella tai perinteisellä WoW-ratkaisulla. Heidänkin tutkimuksessaan HMD-

laitteisto oli kuitenkin jo ominaisuuksiltaan vanha EMagin Z800, jonka FOV on 40 astetta horisontaalisesti ja 30 astetta vertikaalisesti. Laitteen resoluutio on 800 x 600 pikseliä. Tutkimusotoksessa ei valitettavasti ollut uudemmalla laitteistolla tehtyä tutkimusta kognitiivisen kuntoutuksen osalta. Gamiton ja muiden (2012; liite 11) tutkimuksessa käytettiin kuitenkin kuntoutusmenetelmänä arkisiin toimintoihin liittyviä simulaatioita, kuten kaupassa käyntiä ja vaatteiden valitsemista. Tämän tyyppisten simulaatioiden realistisemmän esittämisen voisi olettaa tuovan parempia kuntoutustuloksia, mutta yläraajakuntoutuksen tavoin tämä jää jatkotutkimuksen tarpeeseen.



Kuvio 9. Esimerkkejä virtuaaliympäristöistä (Gamito ym. 2012, 364)

Kävelyn ja tasapainon kehittäminen

Toisena toiminnallisen harjoittelun kohteena oli San Luisin ja muiden (2016; liite 3) tekemä tutkimus kävelyn ja tasapainon kehittämisessä. Tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa on hyvä huomioida, että kyseinen tutkimus on konferenssijulkaisu eikä sitä ole julkaistu tieteellisessä julkaisussa. HMD-laitteiston käyttö kävelyharjoittelussa saattaa olla haasteellista jo pelkän laitteiston ominaisuuksienkin vuoksi. Esimerkiksi

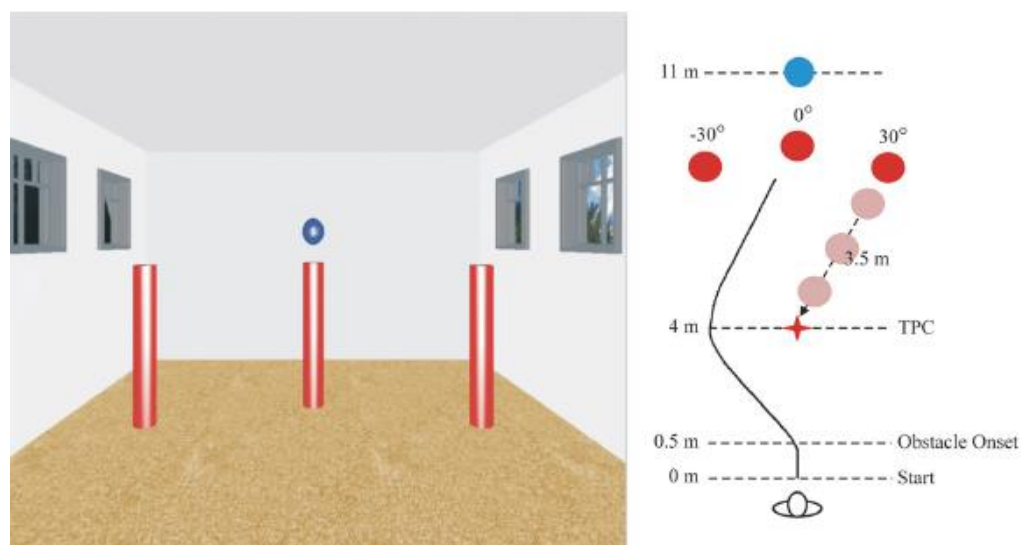
San Luisin ja muiden (2016; liite 3) tutkimuksessa käytetty Samsung Gear VR -laitteisto ei mahdollista virtuaalimaailmassa kävelemistä. Tutkimuksessaan he hyödynsivät tiettyä kuntoutujan pään liikkeellä tehtyä elettä kävelyn aktivoimiseksi. HMD-laitteisto ei siis mahdollistanut niin sanottua vapaata liikkumista virtuaaliympäristössä. Tästä huolimatta tutkimuksessa esitetään mielenkiintoinen tulos siitä, että kuntoutujien kävely oli ryhdiltään laadukkaampaa virtuaalitodellisuudessa heidän terapiasessioihin verrattuna.

Erityisesti tietokoneen kautta käytettävissä HMD-laitteistoissa on kuitenkin olemassa esimerkiksi huoneen kokoinen kävelyalue. Tätä ominaisuutta ei hyödynnetty missään otoksen tutkimuksista. San Luisin ja muiden (2016; liite 3) tutkimuksesta eroten muista tutkimuksista käytettiin virtuaalimaailmassa liikkumiseen jotain ulkoista, esimerkiksi joystick, ohjainta (Sharma ym. 2017, liite 1; Aravind ym. 2014, liite 8). Näissä tutkimuksissa tutkittava istui oikeassa maailmassa tuolissa ja liikkui virtuaalisessa maailmassa kävellessä. Virtuaalitodellisuuteen pohjautuvassa kävelyharjoittelussa on lisäksi selkeästi kohonnut törmäysriski HMD-laitteiston korvatessa kävelijän näkökentän virtuaalisella ympäristöllä. San Luisin ja muiden tutkimuksessa ei kuitenkaan esiintynyt horjahduksia tai muita vaaratilanteita.

Yhtenä mielenkiintoisen tutkimustuloksena oli Lamontagnen ja muiden (2007; liite 16) tutkimus, jossa kyettiin vaikuttamaan tutkittavan kävelynopeuteen optisen virtauksen avulla. Optinen virtaus tarkoitti tutkimuksessa sitä, että virtuaalimaailmana esitetty käytävä liikkui tutkittavan kävelynopeuteen verrattuna eri vauhtia. Tällä illuusiolla haluttiin nostaa tutkittavissa halu kävellä nopeammin. Optisen virtauksen luomat muutokset olivat samanlaisia sekä AVH-kuntoutujilla että terveillä ihmisillä. Tämän tyyppinen virtuaaliympäristön immersiiivinen hyödyntäminen voisi tuoda ei-immersiivisiin laitteisiin verrattuna jotain uutta AVH-kuntoutujien kävelykuntoutukseen. Tutkimuksessa hyödynnettiin kävelymattoa, jolloin HMD-laitteiston aiheuttamaa törmäysriskiä ei luonnollisesti esiintynyt.

Tarkkaavuuden ja visuaalisten oirekuvien arviointi

Kuntoutuksen lisäksi HMD-laitteistoa on hyödynnetty eri oirekuvien arvioinnissa sekä aivoverenkiertohäiriöön liittyvässä tutkimuksessa. Virtuaalitodellisuuden on todettu mahdollistavan täysin kontrolloidun testiympäristön, jossa voidaan tutkia luotettavasti oirekuvien vaikutuksia monimutkaisissakin simulaatioissa. Esimerkiksi Aravindin ja Lamontagnen (2014; liite 8) tutkimuksessa tutkittiin neglect-oireen vaikutusta visuaaliseen havainnointiin kävelyn aikana virtuaaliympäristössä, johon oli luotu kolme pylvästä ja lähestyttävä pallo (ks. kuvio 10). Tutkimuksessa kyettiin asettamaan yksi pylvästä lähestymään tutkittavaa juuri tietyllä hetkellä ja tiettyä vauhtia. Iorizzon ja muiden (2011; liite 12) tutkimuksessa selvitettiin kortikaalisen sokeuden vaikutusta visuaaliseen havainnointikykyyn istuma-asennossa sekä kävelyn aikana. Tutkimuksessa kyettiin luomaan virtuaalitodellisuuden avulla tutkimusympäristö, jossa havaittavat koripallot ilmestyivät tutkittavan näköpiiriin eri kohdista ääreisnäköä. Havaittujen koripallojen sijaintitiedot näkökentässä tallennettiin ja ne kyettiin tutkimuksen jälkeen esittämään visuaalisesti havainnollistettuna kaavioissa. Näin näkökentän eri havaintoalueet kyettiin raportoimaan tarkasti. Edellä esitetyissä tutkimuksissa tutkimusympäristön eri muuttujien hallinnan lisäksi virtuaaliympäristö mahdollisti täysin identtisen testiympäristön käyttämisen kaikkien tutkittavien kohdalla. Virtuaalisen tutkimusympäristön avulla saatiin myös vähennettyä tutkimukseen mahdollisesti vaikuttavia muita, esimerkiksi visuaalisia, ärsykeitä.



Kuvio 10. Virtuaalimaailma ja tutkimusasetelma (Aravind & Lamontagne 2014, 3)

HMD-laitteisto mahdollisti virtuaalitodellisuuden lisäksi myös teoriassa täydennetyt todellisuuden hyödyntämisen neglect-oireen arvioinnissa. Sugiharan ja muiden (2016; liite 7), Tanakan ja muiden (2010; liite 14) ja Tanakan ja muiden (2005; liite 18) tutkimuksissa käytettiin kaikissa samanlaista menetelmää neglect-oireen arvioinnissa. Viivojenetsimispaperia kuvattiin videokameralla ja tämä visuaalinen kuva syötettiin HMD-laitteiston kautta tutkittavan näkökenttään. Näin saatiin muun muassa korvattua tutkittavan näkökenttä kokonaan testipaperilla niin, että tutkittavan pään liikkeet eivät muuta näkymää ja näin vaikuta testin tulokseen. HMD-laitteistolla voitaisiin siis teoriassa saada luotettavampia arviointituloksia, sillä opetellut kompensatiomenetelmät voivat vaikuttaa neuropsykologisen testin suorittamiseen, jolloin kuntoutuja saa testistä todellisuutta paremman tuloksen (Li & Malhotra 2015, 336). Vaikka tutkimuksessa hyödynnettiin täydennettyä todellisuutta, voisi tutkimusmenetelmä olla sovellettavissa myös virtuaalitodellisuuden sovellutuksiin esimerkiksi virtuaalisen neglect-kuntoutusympäristön muodossa. Teoriassa tämän tyyppisessä kuntoutusmenetelmässä voitaisiin hyödyntää myös esimerkiksi yläraajakuntoutuksessa käytettyä positiivista visuaalista palautetta oikeasta suorituksesta. Neglectin kuntoutuksessa ei-immersiivisiä versioita on tutkittu muun muassa Tobler-Ammannin ja muiden toimesta (Tobler-Ammann, Surer, Bruin, Rabuffetti, Borghese, Mainetti, Pitovano, Wittwer, Knols 2017). Lisäksi neglectin osalta on tehty laajoja selvityksiä sisältäen sekä ei-immersiivistä että immerssiivistä virtuaalitekniologiaa (Pedroli, Serino, Cipresso, Pallavacini & Riva 2015). Neglect-oireen kuntoutusta ja arviointia voidaankin ehkä pitää yhtenä potentiaalisimmista kohteista HMD-laitteiston kannalta.

Käyttökokemukset

Käyttökokemusten vähäinen raportointi tekee niiden arvioinnista haastavaa. Tutkimustuloksien mukaan HMD-laitteiston käyttökokemukset olivat pääasiassa positiivisia ja niihin kiinnitetään nykypäivänä enemmän huomiota verrattuna vanhempiin tutkimuksiin. Tutkimustulosten perusteella ei kuitenkaan voida tämän tutkimusotoksen perusteella tehdä johtopäätöksiä siitä liittykö laitteen ominaisuudet pahoinvointioireen esiintymiseen, vaikka tätä hypoteesia aiempi teorian tieto tukeekin (Riva 2014, 659). Suoria johtopäätöksiä ei voida tehdä myöskään siitä, ovatko aivoverenkiertokuntoutujat alttiimpia HMD-laitteiston käytöstä johtuville negatiivisille sivuvaikutuksille terveisiin ihmisiin verrattuna. Tutkimustulokset antavat viitteitä kuitenkin siitä,

että sivuvaikutukset olisivat aivoverenkiertohäiriökuntoutujillakin vähäisiä eikä niitä ole tarvetta pitää vasta-aiheena HMD-laitteiston käytölle.

Esimerkiksi Anglinin ja muiden (2014; liite 2) tutkimus sisälsi aivoverenkiertohäiriökuntoujien liikkumista virtuaalisessa ympäristössä, eikä negatiivisia käyttökokeuksia tai sivuvaikutuksia esiintynyt. Myös muissa tutkimuksissa virtuaaliympäristössä tehtävän toiminnan olisi voinut olettaa aiheuttavan negatiivisia sivuvaikutuksia, kuten Lamontagnen ja muiden (2007; liite 16) tutkimuksessa, jossa käytetty optinen virtaus aiheuttaa suuren visuaalisen ristiriidan kävelynopeuden ja näkö tiedon välillä. Tästä huolimatta negatiivisia sivuvaikutuksia ei raportoitu aivoverenkiertohäiriökuntoutujilla.

Mosadeghin ja muiden (2016; liite 4) tutkimuksen mukaan negatiiviset kokemukset HMD-laitteen käytöstä liittyvät pääasiassa laitteiston epämukavuuteen, eikä sen aiheuttamaan pahoinvointiin. Tutkimuksessa vain yhdellä esiintyi sessionjälkeistä lievää huimausta. Kyseisessä tutkimuksessa oli kuitenkin suljettu pois muun muassa aivoverenkiertohäiriökuntoutajat, joten sen yleistettävyyteen on syytä suhtautua kriittisesti.

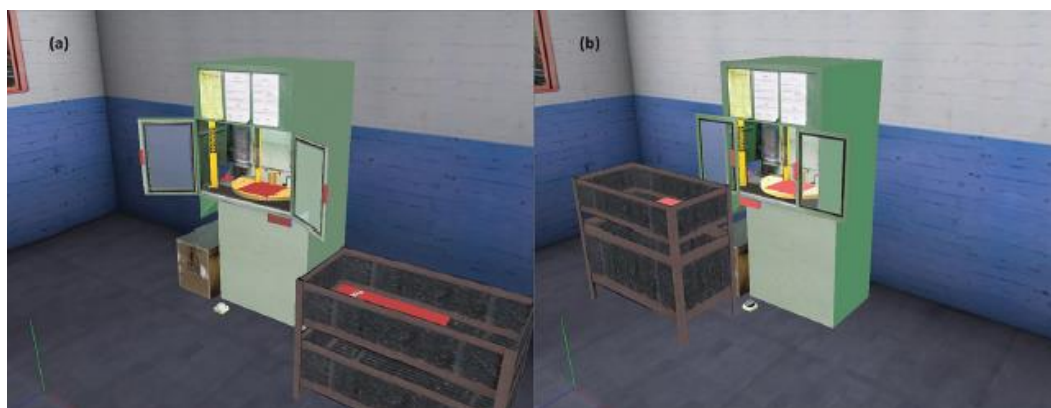
Pohdintaa immersiiivisestä virtuaaliympäristöstä

HMD-laitteistoon liittyy vielä paljon vastaamattomia kysymyksiä. Laitteiston sivuvaikutuksiin liittyviin ongelmiin on teknologian kehityksen myötä löydetty jo vastauksia, mutta on toisaalta kiistatonta, etteikö niitä vielä esiintyisi. Oikea kysymys ei tällä hetkellä olekaan esiintyykö HMD-laitteen käytöstä sivuvaikutuksia, vaan milloin se on hyväksyttävä riski monipuolisen kuntoutuksen mahdollistamiseksi. Tähän liittyen vastaus voisi löytyä siitä, milloin immersiiivinen toisi ei-immersiiivistä virtuaaliympäristöä tehokkaampia kuntoutustuloksia. Muilla, esimerkiksi psykologian alalla vastaus on ilmeisen selvä: immersion avulla kyetään altistamaan esimerkiksi fobiasta kuntoutuva omille peloilleen turvallisessa ja kontrolloidussa ympäristössä. Tässä HMD-laitteiston luoma immersio tuo konkreettisen hyödyn ei-immersiiiviseen laitteistoon verrattuna.

Tätä pohdintaa tulee käydä myös aivoverenkiertohäiriön kannalta. Yläraajan kuntoutuksessa ei-immersiiivisten ja immersiiivisten laitteiden välillä ei näyttänyt olevan eroa

kuntoutustuloksissa. Virtuaalitodellisuuden mahdollistama kehon omistuksen illuusio saattaisi tehdä peiliterapiasta tehokkaampaa. Kävelykuntoutuksessa HMD-laitteisto luo haasteita, mutta kävelymatolla optisen virtauksen hyödyntäminen voisi tuoda jotain uutta. Kognitiivisten oirekuvien kuntoutuksessa virtuaaliympäristön hyödyt ovat selkeät, mutta HMD-laitteiston hyödyistä ei vielä voida tehdä suurempia johtopäätöksiä. Visuaalisten oirekuvien sekä neglectin arvioinnissa ja kuntoutuksessa HMD-laitteisto näyttäisi tuovan omanlaisiaan hyötyjä perinteisiin menetelmiin verrattuna.

Yhtenä esimerkkinä, jossa virtuaaliympäristön täysin immerssiivinen esittäminen HMD-laitteistolla tuo positiivisia tuloksia, voidaan esittää Budziszewskin ja muiden (2016; liite 5) kokeilu, jossa kaksi aivoverenkiertohäiriökuntoutujaa työskenteli virtuaalisella työpisteellä. Tämän tyyppisellä realistisella ja tosielämään pohjautuvalla simulaatiolla kyettiin arvioimaan kuntoutujien työkykyä yläraajan toiminnan vajauksessa. Tämä toisaalta tuo mieleen Poutiaisen ja Nukarin (2014, 453) ehdotuksen siitä, että simuloituilla ympäristöillä voitaisiin muistuttaa kuntoutujan omaa elinympäristöä ja näin tehostaa kuntoutuksen siirtovaikutusta arkielämään. Erityisen suurena hyötynä Budziszewski ja muut nostavat sen, että kuntoutujat osasivat ja pystyivät itse tekemään kehitysehdotuksia ympäristön muokkaamiseksi. Aivoverenkiertohäiriökuntoutujan kodin virtuaalisella mallintamisella voitaisiin kenties helpottaa kuntoutusjakson jälkeistä kotiutumista. Omassa kotiympäristössä liikkuminen voisi mahdollisesti lisätä myös kuntoutujan oiretiedostavuutta, kun liikkuminen ja havainnointi tutussa ympäristössä ei enää esimerkiksi neglect-oireen vuoksi olisikaan niin helppoa.



Kuvio 11. Kuntoutujan kehitysehdotukset virtuaaliseen työpisteeseen (Budziszewski ym. 2016, 371)

HMD-laitteiston muut ja moniammatilliset käyttömahdollisuudet

Kirjallisuuskatsaukseen sisältyi myös sovellettavissa olevia tutkimuksia, joiden kautta pyritään löytämään vastauksia HMD-laitteiston muihin, mahdollisesti moniammatillisiin, käyttötarkoituksiin. Moniammatillisuuskysymykseen ei löydy suoraa vastausta tutkimuksista. Tähän vastaus voisikin löytyä aiemmin esitellyistä simulaatioista, jotka voitaisiin teoriassa toteuttaa moniammatillisesti niin, että kukin ammattiryhmä tuo simulaatioon ominaisuuksia oman näkökulmansa kautta. Simulaatiot voivat olla esimerkiksi arkisiin toimintoihin liittyviä, kuten kaupungilla liikkumista tai Gamiton ja muiden (2012; liite 11) tutkimuksessa käyttämää kaupassa käyntiä. Kyseisten simulaatioiden luominen vaatisi moniammatillisuutta myös teknologian aloilta, sillä kuntoutushenkilöstöltä ei todennäköisesti löydy virtuaalimaailman luomiseen tarvittavaa koodaustaitoa.

HMD-laitteiston kautta esitetyillä simulaatioilla voisi olla myös mahdollisuuksia etäkuntoutuksen osalta. Esimerkiksi Perez-Marcos ja muut (2012; liite 10) esittelevät eräänlaisen virtuaalisen etävastaanoton, jossa henkilö saapuu virtuaalisesti simuloituun lääkärin vastaanottohuoneeseen. Tutkittava näki vastaanottohuoneen ja lääkärin virtuaalisesti mallinnettuna HMD-laitteiston kautta. Perez-Marcos ja muut hyödynsivät lisäksi GRAB-laitetta, jonka avulla lääkäri kykenee arvioimaan esimerkiksi tutkittavan puristusvoimaa etänä. Kyseinen ratkaisu oli teknologisilta vaatimuksiltaan yllättävän esteetön, eikä esimerkiksi kuntoutujan kehon virtuaaliseen mallintamiseen ollut välttämätöntä käyttää raajoihin kiinnitettäviä Optitrack-liikesensoreita vaan mallintaminen onnistui myös Microsoftin Kinect-laitteella. Tämän tyyppisen etävastaanoton etuna oli tutkijoiden mielestä sen luoma läsnäolon tunne, jolloin aiempiin etäratkaisuihin verrattuna kuntoutuja oli vastaanotossa osallistuva eikä vain katselija, vähentäen etätoimintaan liittyvää fyysisen ja sosiaalisen kontaktin puutetta (Perez-Marcos 2012, 6).

6 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe paljastui hieman odotettua monimutkaisemmaksi. Virtuaalito-
dellisuuden ja virtuaalisuuden käsitteiden filosofisuus loi toisaalta opinnäytetyön kir-
joittamiseen mielenkiintoa. Tämän filosofisuuden konkretisoituminen virtuaalitekno-
logian kautta käytännön kuntoutukseen on ilmiönä mielenkiintoinen. HMD-
laitteiston immersioilla näyttää olevan paljon erilaisia käyttömahdollisuuksia myös ai-
voverenkiertohäiriön kohdalla. Virtuaaliteknologian kehitys on ollut erittäin nopeaa
ja erityisesti HMD-laitteiston tekniset ominaisuudet näyttävät muuttuneen merkittä-
västi 2000-luvun alkuun verrattuna.

Mooren lain mukaan halpojen mikropiirien transistorien lukumäärä kaksinkertaistuu
kahden vuoden välein (Moore 1998). Bausin ja Bouchardin (2014, 1) mukaan tämä
Mooren laki tarkoittaa teknologisen kehityksen eksponentiaalista kasvua. Käytän-
nössä tämän Mooren lain merkitys näkyy myös sosiaali- ja terveysalalla. Teknologia
kehittyy erittäin nopeaa vauhtia, mikä tarkoittaa myös uusien kuntoutukseen suun-
nattujen teknologisten innovaatioiden ilmestymistä markkinoille entistä nopeammin.

Koen suurta mielenkiintoa teknologian hyödyntämiseen kuntoutuksessa, mutta näen
tähän liittyvän kriittisen selvitystyön erittäin tärkeänä. Teknologiaan liittyy kuitenkin
aina tuotteistetut kaupalliset markkinat, mikä näkyy myös virtuaaliteknologian kun-
toutuskäytössä. Osittain tästä syystä opinnäytetyötä voidaan pitää merkittävänä ja
tavoitteiltaan eettiseltä, sillä se tuo kuntoutusyhteisölle taustatietoa liittyen virtuaali-
teknologiaan, sen kehitykseen ja siihen mahdollisesti liittyviin epäkohtiin ja ongel-
miin. Tämä tieto on oleellista teknologian nopean kehityksen mukana pysymisen kan-
nalta. Ilman tätä tietoa on vaikea arvioida virtuaaliteknologian vaikuttavaa ja turval-
lista käyttöä kuntoutuksessa.

6.1 Tutkimuksen laatu ja luotettavuus

Opinnäytetyössä käytetty integroivan kirjallisuuskatsauksen menetelmä oli työn tarkoituksen ja tavoitteen mukainen. Työn haluttiin selvittävän HMD-laitteiston käyttöä laajasti aivoverenkiertohäiriön näkökulmasta, tuoden esille sen eri käyttökohteita ja -tarkoituksia. Tämä opinnäytetyön aiheen laajuus koitui kuitenkin hieman ongelmalliseksi työn laadun ja luotettavuuden kannalta. Nyt opinnäytetyössä ei kyetty paneutumaan mihinkään spesifimpään aihealueeseen, joten aiheen tarkempi rajaaminen olisi voinut olla perusteltua. Tämä toisaalta johtui siitä, että HMD-laitteiston käytöstä ei oikeastaan ole vielä eri alojen kokemuksia kokoavaa kirjallisuutta. Nyt tämän selvityksen tekemisen jälkeen voisi työn kautta nimetä useita erilaisia, tarkempia tutkimusaiheita ja -kohteita. Tässä mielessä opinnäytetyön voidaan nähdä onnistuneen tehtävässään. Tutkimustulokset tuovat HMD-laitteiston kannalta oleellimmat käyttökohteet ja -mahdollisuudet aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa. Kirjallisuuskatsauksessa tuotiin tietoa kuntoutuksen lisäksi myös laitteiston käytöstä oirekuviin liittyvässä arvioinnissa sekä aivoverenkiertohäiriöön liittyvässä tutkimuksessa.

Kirjallisuuskatsauksessa sekoittui kvalitatiivisten sekä kvantitatiivisten menetelmien hyödyntäminen. Aineistonkeruu ja sen luokitteleva analysointi tehtiin mahdollisimman systemaattisesti virheiden välttämiseksi ja laajan aineiston luotettavan analyysin mahdollistamiseksi. Aineiston sisällönanalyysissa hyödynnettiin kuitenkin myös sen kvalitatiivista analyysia, jonka avulla pyrittiin selvittämään tutkimusraporteissa esiintyvää tuloksien pohdintaa sekä tutkijoiden näkemyksiä laitteiston näkökulmasta. Esimerkiksi laitteistoon liittyvien käyttäjäkokemusten raportointi tapahtui monessa tutkimuksessa pohdintaosiossa, eikä siitä ollut kvantitatiivisia tuloksia SSQ-kyselyn muodossa. Laajan ja monipuolisen tutkimusotoksen vuoksi opinnäytetyössä pyrittiin hyödyntämään myös tulosten visuaalisista havainnollistamista erityisesti aineiston analyysissa ja tutkimustuloksissa HMD-laitteiston käyttökohteiden kohdalla.

Tutkimusaineisto oli kokoteksteineen hyvin laaja. Opinnäytetyön luotettavuuteen vaikuttaa myös kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset. Suurin osa aineistosta on

luotettavista, vertaisarvioituista tiedejulkaisuista, mutta mukana on myös esimerkiksi San Luisin ja muiden (2016; liite 3) tutkimus joka on julkaistu vasta konferenssin yhteydessä. Lisäksi katsauksessa on mukana tutkimuksia, jotka on julkaistu myöhemmin tiedejulkaisussa, mutta siitä on ollut saatavilla vain tutkimuksen konferenssijulkaistu kokotekstiversio. Kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin tuomaan nämä huomiot esille tutkimuksia esiteltäessä ja kyseiset tiedot löytyvät tutkimuksien tarkemmassa esittelyssä liitteissä. Opinnäytetyössä ei myöskään hyödynnetty esimerkiksi Pedron arvioinnin asteikkoa. Tätä perustellaan integroivaan tutkimukseen liittyvän, mahdollisimman laajan tutkimusaineiston keräämisellä, jotta aineiston perusteella voidaan saada laaja käsitys HMD-laitteiston käyttökohteista.

Kirjallisuuskatsauksessa on kuitenkin suhtauduttu kaikkiin tutkimustuloksiin kriittisesti erityisesti HMD-laitteiston vaikuttavuuden arvioinnissa. Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite keskittyivät kuitenkin enemmän laitteeseen liittyvään laadulliseen arviointiin, kuten sen käyttökohteisiin ja -mahdollisuuksiin. Vaikuttavuuden luotettava arviointi vaatisi spesifimpää ja vertailevampaa tutkimista kunkin kuntoutuskohteen kohdalta. Tästä syystä tämän tutkimusotoksen perusteella ei voida antaa tarkkaa ja luotettavaa kuvaa HMD-laitteiston vaikuttavuudesta aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa, vaan vaikuttavuuden arviointi on nyt suuntaa-antavaa. Tämä tosin ei ollut opinnäytetyön tarkoituksena ja kyseinen ongelma on tunnustettu jo tutkimusta aloitettaessa.

Opinnäytetyön luotettavuuteen vaikuttaa myös se, että työ on tehty yksin. Tämä vaikuttaa muun muassa laajan aineiston keruuseen, analyysiin ja tämän aineiston perusteella tehtyihin johtopäätöksiin. Tästä syystä aineiston luokittelun kvantitatiivisuus voidaan nähdä luotettavuutta lisäävänä menetelmänä. Oman ajatusmaailman ja mielipiteiden vaikutusta johtopäätöksiin on vaikea arvioida. Tutkimuksessa on kuitenkin pyritty suhtautumaan laitteistoon mahdollisimman objektiivisesti ja kriittisesti, tutkimustietoon pohjautuen.

6.2 Jatkotutkimusaiheet

Opinnäytetyössä keskityttiin spesifisti HMD-laitteiston ja sen kautta erityisesti virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen aivoverenkiertohäiriöön liittyvässä kuntoutustoitinnassa. Työssä oli mukana kuitenkin myös kolme tutkimusta, joissa hyödynnettiin teoriassa täydennettyä todellisuutta. Täydennetty todellisuus avaa omanlaisiaan mahdollisuuksia kuntoutukseen, kun todelliseen ympäristöön lisätään virtuaalisia elementtejä. Tähän liittyen esimerkiksi Baus ja Bouchard (2014) ovat lähteneet selvittämään täydennettyä todellisuutta hyödyntävän altistusterapian eroja ja hyötyjä virtuaalitodellisuutta hyödyntävään altistusterapiaan verrattuna. Täydennetyn todellisuuden luomia mahdollisuuksia neurologisessa kuntoutuksessa, arvioinnissa ja tutkimuksessa olisi hyvä lähteä selvittämään lisää. Jonkinlaisena hypoteesina voitaisiin esimerkiksi esittää, että täydennetyllä todellisuudella kyettäisiin hyödyntämään joitain virtuaalitodellisuuden positiivisia ominaisuuksia ilman sen negatiivisia vaikutuksia.

Opinnäytetyön yhtenä suurena kysymyksenä oli HMD-laitteiston käyttökokemukset ja erityisesti sen aiheuttamat sivuvaikutukset. Vaikka tulokset osoittautuivat laitteiston kannalta positiivisiksi, kaipaa tämä aihe kuitenkin vielä tarkempaa selvitystä erityisesti uudemman laitteiston kannalta. Erityisen kiinnostava tutkimusaihe olisi se, ovatko esimerkiksi aivoverenkiertohäiriön akuutissa tai subakuutissa vaiheessa olevat kroonista vaihetta alttiimpia immersiiivisen virtuaaliympäristön aiheuttaville sivuvaikutuksille.

Jatkotutkimusta kaipaa myös HMD-laitteiston käyttö aivoverenkiertohäiriöstä kuntoutuvan yläraajan toimintakyvyn kehittämisessä uudemmallalla teknologialla. Tässä opinnäytetyössä oli aiheeseen liittyen käsittelyssä liian vanhaa teknologiaa. Yleisesti sanottuna HMD-laitteiston vaikuttavuuden ja sen mahdollisuuksien selvittäminen jää vielä kovin avoimeksi. Kyseinen teknologia omaa kuitenkin paljon potentiaalia neurologisen kuntoutuksen osalta erityisesti arkielämäään liittyvien simulaatioiden kautta.

Lähteet

- Anglin, J. M., Sugiyama, T. & Liew, S-L. 2017. Visuomotor adaptation in head-mounted virtual reality versus conventional training. *Scientific Reports*, 7, 45469, 1-8. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5379618/>, PMC.
- Aravind, G. & Lamontagne, A. 2014. Perceptual and locomotor factors affect obstacle avoidance in persons with visuospatial neglect. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11, 38, 1-10. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3994560/>, PMC.
- Bao, X., Mao, Y., Lin, Q., Qiu, Y., Chen, S., Li, L., Cates, R. S., Zhou, S. & Huang, D. 2013. Mechanism of Kinect-based virtual reality training for motor functional recovery of upper limbs after subacute stroke. *Neural Regeneration Research*, 5.12.2013, 8, 31, 2904-2913. Viitattu 12.10.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4146174/>, PMC.
- Barnes, D. 2013. CAVE2. Monash Immersive Visualisation Platform. Monashin yliopiston sivut. Viitattu 12.8.2017. http://www.monash.edu/mivp/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=104.
- Baus, O. & Bouchard, S. 2014. Moving from virtual reality exposure-based therapy to augmented reality exposure-based therapy: a review. *Frontiers in Human Neuroscience*, maaliskuu 2014, 8, 112. Viitattu 20.10.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3941080/>, PMC.
- Bowman, D. A. & McMahan R. P. 2007. Virtual reality: how much immersion is enough? *Computer-journal*, 40, 7. Viitattu 31.3.2017. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4287241/>.
- Brooks, F. P. 1999. What's real about virtual reality? *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19, 6, 16-27. https://www.researchgate.net/publication/3208814_What's_real_about_virtual_reality, ResearchGate.
- Budziszewski, P., Grabowski, A., Milanowicz, M & Jankowski J. 2016. Workstations for people with disabilities: an example of virtual reality approach. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22, 3, 367-373. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4960503/>, PMC.
- Calleja, G. 2014. Immersion in Virtual Worlds. *The Oxford Handbook of Virtuality*. 222.-234. p. Oxford University Press.
- Carr, J. & Shepherd, R. 2003. *Stroke rehabilitation. Guidelines for exercise and training to optimize motor skill*. Butterworth-Heinemann, Elsevier Science Limited.
- Cordeil, M., Dwyer, T., Karstein, K., Bireswar, L. Marriott, K. & Thomas, B. H. 2017. Immersive Collaborative Analysis of Network Connectivity: CAVE-style of Head-

Mounted Display?. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 23, 1, 1-9. Viitattu 10.8.2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7539620/>.

Crosbie, J. H., Lennon, S., McGoldrick, M. C., McNeill, M. D. J., Burke, J. W. & McDonough, S. M. 2008. Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a randomised pilot study. International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 2008, 6, 2. Julkaistu Clinical Rehabilitation julkaisussa 26.9.2012, 798-806. Viitattu 30.8.2017. http://www.icdvrat.org/2008/papers/ICDVRAT2008_S06_N02_Crosbie_et_al.pdf.

Gamito, P., Oliveira, J., Santos, N., Pacheco, J., Morais, D., Saraiva, T., Soares, F., Mayor, C. S. & Barata, A. F. 2012. Virtual exercises to promote cognitive recovery in stroke patients: the comparison between head mounted displays versus screen exposure methods. International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 10.-12.7.2012, 12, 1. Viitattu 30.8.2017. http://www.icdvrat.org/2012/papers/ICDVRAT2012_S12N1_Gamito_et_al.pdf.

Gatica-Rojas, V. & Méndez-Rebolledo, G. 2014. Virtual reality interfaces devices in the organization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. Neural Regeneration Research 2014, 9, 8, 888-896. Viitattu 3.5.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4146258/>, PMC.

Gutiérrez, M. A., Vexo, F. & Thalmann, D. 2008. Stepping into Virtual Reality. 1.-8. p. Lontoo: Springer.

Heim, M. R. 2014. The paradox of virtuality. Teos: The Oxford Handbook of Virtuality. Chapter 6. 111.-112. p. Oxford University Press.

Highland, K. B., Costanzo, M. E., Jovanovic, T., Norrholm, S. D., Ndiongue, R. B., Reinhardt, B. J., Rothbaum, B., Rizzo, A. A. & Roy, M. J. Catecholamine responses to virtual combat: implications for post-traumatic stress and dimensions of functioning. Frontiers in Psychology, 6, 256, 1-5. Viitattu 15.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18416594>, Pubmed.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13p. 157.-160. p. Helsinki: Tammi.

HTC VIVE. N.d. VIVE Image Gallery. Viitattu 20.4.2017. <https://www.vive.com/us/pr/newsroom-gallery/>.

Ilvonen, T., Paavola, L., Koskinen, S. & Sarajuuri, J. 2015. Tunne-elämän ja käyttäytymisen säätelyn muutokset. Teos: Kliininen neuropsykologia. (toim) Jehkonen, M., Saunamäki, T., Paavola, L. & Vilkki, J. 2015. 167.-175. p. Helsinki: Duodecim.

Imam, B. & Jarus, T. 2014. Virtual Reality Rehabilitation from Social Cognitive and Motor Learning Theoretical Perspectives in Stroke Population. Rehabilitation Research and Practise, 2014, 1-11. <https://www.hindawi.com/journals/rerp/2014/594540/>, Hindawi Publishing Corporation.

Indredavik, B., Fjaertoft, H., Ekeberg, G., Loge, A.D., Mørch, B. 2000. Benefit of an extended stroke unit service with early supported discharge: A randomized, controlled trial. *Stroke-journal*, 31.12.2000, 31, 12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/11108761>, PubMed.

Iorizzo, D. B., Riley, M. E., Hayhoe, M. & Huxlin, K. R. 2011. Differential impact of partial cortical blindness on gaze strategies when sitting and walking – an immersive virtual reality study. *Vision Res.* 25.5.2012, 51, 10, 1173-1184. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3093191/>, PMC.

Jehkonen, M. 2002. Neglect ja anosognosia heikentävät aivohalvauspotilaan kuntoutumista. Väistösikirjan abstrakti, 23.2.2002. Viitattu 10.10.2017. http://terveyskirjasto.fi/terveysportti/uutissorvi_uusi.lue_abstrakti2?iid=2293&iprint=3&p_haku-sana=, Terveyskirjasto.

Jehkonen, M. & Nurmi, L. & Nurmi, M. 2015. Aivoverenkiertohäiriöt. Teos: Kliininen neuropsykologia. (toim) Jehkonen, M., Saunamäki, T., Paavola, L. & Vilkki, J. 2015. 182.-203. p. Helsinki: Duodecim.

Jehkonen, M. & Saunamäki, T. 2015. Aivojen keskeiset rakenteet kognitiivisissa ja psyykkisissä toiminnoissa. Teos: Kliininen neuropsykologia. (toim) Jehkonen, M., Saunamäki, T., Paavola, L. & Vilkki, J. 2015. 23.-39. p. Helsinki: Duodecim.

Kang, Y. J., Park, H. K., Kim, H. J., Lim, T., Ku, J., Cho, S., Kim, S. I. & Park, E. S. 2012. Upper extremity rehabilitation of stroke: Facilitation of corticospinal excitability using virtual mirror paradigm. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9, 71, 1-8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3543207/>, PMC.

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. & Lilienthal, M. G. 2009. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3, 3, 203-220. Viitattu 3.9.2017. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327108ijap0303_3, Taylor & Francis Online.

Kim, A., Darakjian, N. & Finley, J. M. 2017. Walking in fully immersive virtual environments: an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2017, 14, 16, 1-12. Viitattu 4.9.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5320768/>, PMC.

Kinsella, A., Mattfield, R., Muth, E. & Hoover, A. 2016. Frequency, Not Amplitude, of Latency Affects Subjective Sickness in a Head-Mounted Display. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 2016, 87, 7, 604-609. Viitattu 17.10.2017. <http://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2016/00000087/00000007/art00004>, Ingenta Connect.

- Kolasinski, E. M. 1995. Simulator Sickness in Virtual Environments. U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. Technical Report 1027. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a295861.pdf>, Defence Technical Information Center.
- Koso, L. 2016. AVH-potilaan varhennettu tuettu kotiutus. 3.6.2016, Duodecim. Viitattu 19.9.2017. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=nak08769>.
- Koso, L., Sairanen, T., Poutiainen, E. & Hiekkala, S. 2016. AVH-potilaan avokuntoutus ensimmäisen vuoden aikana. 5.7.2016, Duodecim. Viitattu 19.9.2017. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=nix02364>.
- Lamontagne, A., Fung, J., McFadyen, B. J. & Faubert, J. 2007. Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2007, 4, 22. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1913055/>, PMC.
- Langan, J., Subryan, H, Nwogu, I. & Cavuoto, L. 2017. Reported use of technology in stroke rehabilitation by physical and occupational therapists. *Disability and Rehabilitation. Assistive technology journal*. Verkkojulkaisu ennen virallista julkaisua, 16.8.2017. Viitattu 17.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28812386#>, Pubmed.
- Li, K. & Malhotra, P. A. 2015. Spatial neglect. *Practical Neurology*, 15, 5, 333-339. Viitattu 16.10.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4602245/>, PMC.
- Lutz, O. H-M., Burmeister, C., Santos, L. F., Morkisch, N., Dohle, C. & Krüger, Jörg. 2017. Application of head-mounted devices with eye-tracking in virtual reality therapy. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 3, 1, 53-56. <https://www.degruyter.com/view/j/cdbme.2017.3.issue-1/cdbme-2017-0012/cdbme-2017-0012.xml>, De Gruyter.
- Ma, M. & Bechkoum, K. 2008. Serious Games for Movement Therapy after Stroke. School of Computing, University of Derby, U.K. Viitattu 13.8.2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/4811562/>, IEEE Xplore Digital Library.
- Mao, Y., Chen, P., Li, L. & Huang, D. 2014. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regeneration Research*, 9, 17, 1628-1634. Viitattu 3.9.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4211206/>, PMC.
- Massumi, B. 2014. Envisioning the virtual. *Teos: Oxford Handbook of Virtuality*. Chapter 3. p. 55. Oxford University Press.
- Mazuryk, T. & Gervautz, M. 1996. Virtual Reality. History, Applications, Technology and Future. Julkaisija: Institute of Computer Graphics, Vienna University of Technology, Itävalta. 3.-5. p. Viitattu 20.4.2017. <https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/1996/mazuryk-1996-VRH/TR-186-2-96-06Paper.pdf>

- Milgram, P. & Kishino, F. 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Displays. IEICE Transactions on Information Systems special issue on Network Reality, Volume E77-D, No 12. Joulukuu 1994. 1321.-1328. p. https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays, ResearchGate.
- Moore, G. 1998. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Proceedings of the IEEE, 86, 1. <https://www.cs.utexas.edu/~fussell/courses/cs352h/papers/moore.pdf>.
- Mourtant, R. R. & Scultheis, M. T. 2001. A HMD-Based Virtual Reality Driving Simulator. Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, 14-17.3.2001. Public Policy Center, Iowa, 2001, 300-304. Viitattu 13.8.2017. <https://trid.trb.org/view.aspx?id=709453>, The National Academics of Sciences Engineering Medicine.
- Mosadeghi, S., Reid, M. W., Martinez, B., Rosen, B. T., Spiegel, B. M. R. 2016. Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Cohort Study. JMIR Ment Health, 3, 2, 1-7. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmid/27349654/>, PMC.
- Mäkelä. K. 1990. Kvalitatiivisen aineiston analyysi ja tulkinta. 46. p. Gaudeamus. Helsinki, Painokaari OY.
- Nusselder, A. 2014. Being more than yourself: virtuality and human spirit. Teos: The Oxford Handbook of Virtuality. Chapter 4. p. 75. Oxford University Press.
- Parsons, T. D., Gaggioli, A. & Riva, G. 2017. Virtual Reality for Research in Social Neuroscience. Brain Sciences, 7, 4, 42. Viitattu 14.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5406699/>, PMC.
- Pedroli, E., Pallavicini, F., Serino, S., Cipresso, P., Giglioli A. C. & Giuseppe. R. 2016. Virtual reality enhanced robotics systems for disability rehabilitation. Chapter 7: The Use of virtual reality tools for assessment of executive functions and unilateral spatial neglect. p. 115-117. Yhdysvallat: IGI Global.
- Pedroli, E., Serino, S., Cipresso, P., Pallavicini, F. & Riva, G. 2015. Assessment and rehabilitation of neglect using virtual reality : a systematic review. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 2015, 9, 226. Viitattu 16.10.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4548208/>, PMC.
- Perez-Marcos, D., Solazzi, M., Steptoe, W., Oyekoya, O., Frisoli, A., Weyrich, T., Steed, A., Tecchia, F., Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. 2012. A fully immersive set-up remote interaction and neurorehabilitation based on virtual body ownership. Frontiers in Neurology, 3, 110, 1-9. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3392697/>, PMC.
- Platon. 1972. Valtio. 2. painos. 302.-215. p. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otavan laakapaino.

- Poutiainen, E. & Nukari, J. 2015. Neuropsykologinen kuntoutus. Teos: Kliininen neuropsykologia. (toim) Jehkonen, M., Saunamäki, T., Paavola, L. & Vilkki, J. 2015. 424.-454. p. Helsinki: Duodecim.
- Porcino, T. M., Esteban, W. C., Cristina, N., V., Trevisan, D. & Valente, L. 2016. Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: desing guidelines and applications. Human-Computer Interaction. Viitattu 9.8.2017. <https://arxiv.org/abs/1611.06292>, Cornell University Library.
- Riva, G. 2006. Virtual Reality. Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, 4, 11, 1-15. <http://www.giusepperiva.com/>, tutkijan kotisivut.
- Riva, G. 2014. Medical clinical uses of virtual worlds. Teos: Oxford Handbook of Virtuality. Chapter 39. 649.-661. p. Oxford University Press.
- Rondina, J. M., Park, C-Y. & Ward, N. S. 2017. Brain regions important for recovery after severe post-stroke upper limb paresis. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 88, 9, 737-743. Viitattu 24.8.2017. <http://jnnp.bmj.com/content/88/9/737>, BJM Journals.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Alarcón, R. D., Ready, D., Shahar, F., Graap, K., Pair, J., Hebert, P., Gotz, D., Wills, B. & Baltzell D. 1999. Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam Veterans: A case study. Journal of Traumatic Stress, 12, 2, 1. Viitattu 14.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10378165>, PubMed.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Smith, S. & Price, L. 2000. A Controlled Study of Virtual Reality Exposure Therapy fo the Fear of Flying. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 68, 6, 1020-1026. Viitattu 15.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11142535>, PubMed.
- Räty, J. 2017. Aivoverenkiertohäiriö (AVH)-kuntoutujan yläraajan toimintakyvyn kehittäminen virtuaaliodellisuusympäristössä. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, sosiaali- terveys- ja liikunta-ala, fysioterapian koulutusohjelma. Viitattu 3.9.2017. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704064344>, Theseus.
- Salisbury, D. B., Dahdah, M., Driver, S., Parsons, T. D. & Richter, K. M. 2016. Virtual reality and brain computer interface in neurorehabilitation. Baylor University Medical Center Proceedings, 29, 2, 124-127. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4790543/>, PMC.
- Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. p. 6.-9. Vaasan yliopiston julkaisuja, opetusjulkaisuja 62, julkisjohtaminen 4. http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf.

Salminen, A. L., Hiekkala, S. & Stenberg, J. H. 2016. Etäkuntoutus. Kansaneläkelaitoksen julkaisu. 34.-36. p. Viitattu 19.4.2017. <http://www.kela.fi/documents/10180/0/Et%C3%A4kuntoutus/4a50ddb8-560c-47b4-94ed-09561f6981df>.

Samsung Gear VR. n.d. Oculus Rift kotisivut. Viitattu 11.8.2017. <https://www.oculus.com/gear-vr/>.

Sanchez-Mendoza, E. & Hermann, D. K. 2016. Correlates of Post-Stroke Brain Plasticity, Relationship to Pathophysiological Settings and Implications for Human Proof-of-Concept Studies. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 10, 196, 1-7. Viitattu 27.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974253/>, PubMed.

San Luis, M-A. V., Atienza, R. O. & San Luis, A. M. 2016. Immersive Virtual Reality as a Supplement in the Rehabilitation Program of Post-Stroke Patients. *International Conference on Next Generation Mobile Applications, Security and Technologies*, 24.-26.8.2016. Viitattu 30.8.2017. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7801465/>, IEEE Xplore Digital Library.

Saposnik, G., Cohen, L. G., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., Shaw, J., Hall, J., Nord, P., Dukelow, S., Nilanont, Y., De los Rios, F., Olmos, L., Levim, M., Teasell, R., Cohen, A., Thorpe, K., Laupacis, A. & Bayley, M. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *The Lancet Neurology*, 15, 10, 1019-1027. Viitattu 12.10.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5108052/>, PMC.

Saposnik, G., Teasell, R., Mamdani, M., Hall, J., Cheung, D., Thorpe, K. E., Cohen, L. G. & bayley, M. 2010. Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation. *HHS Author Manuscripts, Stroke*, 41, 7, 1477-1484. Viitattu 3.9.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4879973/>, PMC.

Sharma, G., Kaushal, Y., Chandra, S., Singh, V. Mittal, A. P & Dutt, V. 2017. Influence of Landmarks on Wayfinding and Brain Connectivity in Immersive Virtual Reality Environment. *Frontiers in Psychology*, 8, 1220, 1-12. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5517459/>, PMC.

Sherman, W. R. & Craig, A. B. 2003. *Understanding Virtual Reality. Interface, application, and design*. 6.-10. p. Kustantaja: Morgan Kaufman Publishers.

Subramanian, S., Knaut, L. A., Beaudoin, C., McFadyen, B. J., Feldman, A. G. & Levin, M. F. 2007. Virtual reality environments for post-stroke arm rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 4, 20. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1920518/>, PMC.

Subramanian, S. K. & Levin, M. F. 2011. Viewing medium affects arm motor performance in 3D virtual environments. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2011, 8, 36. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3145562/>, PMC.

- Sugihara, S., Tanaka, T., Miyasaka, T., Izumi T. & Shimizu, K. 2016. Assessment of visual space recognition of patients with unilateral spatial neglect and visual defects using a head mounted display system. The Journal of Physical Therapy Science, 28, 2, 332-338. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4792969/>, PMC.
- Tanaka, T., Ifukube, T., Sugihara, S. & Izumi, T. 2010. A case study of new assessment and training of unilateral spatial neglect in stroke patients: effect of visual image transformation and visual stimulation by using a head mounted display system (HMD). Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2010, 7, 1, 20. Viitattu 30.8.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3145562/>, PMC.
- Tanaka, T., Sugihara, S., Nara, H., Ino, S. & Ifukube, T. 2005. A preliminary study of clinical assessment of left unilateral spatial neglect using a head mounted display system (HMD) in rehabilitation engineering technology. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2, 31. Viitattu 30.8.2017. <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-2-31>, BioMed Central.
- Tobler-Ammann, B., Surer, E., Bruin, E. D., Rabuffetti, M., Borghese, A., Mainetti, R., Pirovano, M., Wittwer, L. & Knols, R. H. 2017. Exergames Encouraging Exploration of Hemineglected Space in Stroke Patients With Visuospatial Neglect: A Feasibility Study. JMIR Serious Games, 5, 3, e17. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5591404/>, PMC.
- Virtuaalinen. 2017. Kotimaisten kielten keskus. Kielitoimiston sanakirja. Viitattu 31.3.2017. <http://www.kielitoimistonsanakirja.fi/netmot.exe?ListWord=virtuaalinen&SearchWord=virtuaalinen&dic=1&page=results&UI=fi80&Opt=1>.
- Wesley, D. & Barczak G. 2010. Innovation and marketing in the video game industry. Avoiding the performance trap. 9. p. Kustantaja: Gower Published Limited.
- Winstein, C.J., Stein, J., Arena, R., Bates, B., Cherney, L.R., Cramer, S.C., Deruyter, F., Eng, J.J., Fisher, B., Harvey, R.L., Lang, C.E., MacKay-Lyons, M., Ottenbacher, K.J., Pugh, S., Reeves, M.J., Richards, L.G., Stiers, W., Zorowitz, R.D. 2016. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke-journal, 47, 6, 98-169. p. 103. Viitattu 20.9.2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27145936> PubMed.
- Wright, W. G., Creem-Regehr, S. H., Warren, S. H., Anson, E. R., Jeka, J. & Keshner, E. A. 2004. Sensorimotor recalibration in virtual environments. Chapter 5. Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation. 72. p. Kustantaja: Springer.

Liitteet

Liite 1.

Tutkimuk- sen nimi	Influence of Landmarks on Wayfinding and Brain Connectivity in Immer- sive Virtual Reality
Tekijä(t)	Sharma, G., Kaushal, Y., Chandra, S., Singh, V. Mittal, A. P & Dutt, V. Intia.
Julkaisutie- dot	Frontiers in Psychology 20.7.2017, 8, 1220, 1-12.
Tarkoitus, tavoite ja menetel- mät	<p>Tutkimuksessa yhdistetään immersiiivisen virtuaaliympäristön, behavioraa- listen mittareiden sekä EEG mittauksen tuomat edut ja pyritään näiden pohjalta selvittämään maamerkkien merkitys sokkelomaisessa ympäris- tössä suunnistamiseen.</p> <p>Tutkimusryhmä koostui 35:stä terveestä ihmisestä. Tutkittavat jaettiin sa- tunnaisesti kahteen ryhmään: LM+ (n=17) ja LM- (n=18). LM+ ryhmällä oli käytössään maamerkit suunnistamisen apuna, LM- ryhmältä ne otettiin pois. Suunnistamiseen käytettiin sokkeloksi muodostettua virtuaaliympä- ristöä, joka havainnollistettiin immersiiivisellä HMD-järjestelmällä.</p>
Laitteisto	Oculus Rift DK2 ja langaton joystick -ohjain
Tulokset	Tuloksissa selvisi, että suunnistaminen oli itsevarmempaa LM+ ryhmällä. Lisäksi vasemman aivopuoliskon aktivoituminen oli EEG-mittauksen mu- kaan suurempaa LM+ -ryhmällä. Tuloksien mukaan LM+ -ryhmä käytti ob- jektin sijaintitietoa yhdistettynä omaan spatiaaliseen sijaintitietoonsa.
Huomiot	<p>Tutkimuksessa ei raportoitu HMD-järjestelmän aiheuttamia sivuvaikutuk- sia.</p> <p>Tutkimusryhmä ei koostu AVH-potilaista, mutta tutkimustietoa voidaan soveltaa aivoverenkiertohäiriön kuntoutukseen esimerkiksi sijaintitietoon liittyvien oirekuvien kuntoutuksessa.</p>
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5517459/ , PMC.

Liite 2.

Tutkimuk- sen nimi	Visuomotor adaptation in head-mounted virtual reality versus conventional training
Tekijä(t)	Anglin, J. M., Sugiyama, T. & Liew, S-L.
Julkaisutie- dot	Scientific Reports 4.4.2017, 7, 45469, 1-8.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksessa selvitettiin tuottaako HMD-järjestelmän kautta havain- noidussa virtuaalitodellisuudessa tehty visuomotorinen harjoittelu saman- laisia adaptaatiomuutoksia perinteisen visuomotorisen harjoittelun kanssa ja tuotetaanko nämä muutokset samojen mekanismien kautta. Tutkimusta varten luotiin oikean tilanteen kanssa mahdollisimman identtisen näköinen virtuaaliympäristö. Tutkimusotos koostui 24:stä perusterveestä ihmisestä.</p> <p>Tutkimuksessa arvioitiin myös HMD-järjestelmän sivuvaikutuksia SSQ- kyselyllä ja läsnäolon tunnetta omalla kyselylomakkeella.</p>
Laitteisto	Oculus Rift DK2 ja 24" HP tietokonemonitori (1920x1200)
Tulokset	<p>Tutkimustuloksissa selvisi, että oikeassa maailmassa tapahtuvassa harjoit- telussa tutkittava luotti enemmän suoraan, kognitiiviseen adaptaatioon (explicit adaptation), kun taas VR:ssä tutkittavat luottivat enemmän epä- suoraan adaptaatioon (implicit adaptation). Yläraajan liikkeiden tarkkuu- dessa ei ollut eroa VR ja CT ryhmien välillä.</p> <p>Läsnäolo ja SSQ-kyselyissä ei ollut merkittävää eroa VR ja CT ryhmien vä- lillä, eli HMD-järjestelmä ei aiheuttanut negatiivisia sivuvaikutuksia.</p>
Huomiot	Tutkimus toimii ikään kuin pohjatutkimuksena yläraajan kuntouttamiselle virtuaalitodellisuusympäristössä HMD-järjestelmän avulla. Tutkimustietoa voidaan käyttää hyödyksi arvioidessa HMD-järjestelmän käyttöä AVH- potilaan yläraajan kuntoutusta.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5379618/ , PMC.

Liite 3.

Tutkimuksen nimi	Immersive Virtual Reality as a Supplement in the Rehabilitation Program of Post-Stroke Patients
Tekijä(t)	San Luis, M-A. V., Atienza, R. O. & San Luis, A. M.
Julkaisutiedot	International Conference on Next Generation Mobile Applications, Security and Technologies, 24.-26.8.2016.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko virtuaalitodellisuutta käyttää apuna aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa ja mitä siinä pitää ottaa huomioon potilaan kannalta. Tutkimusta varten luotiin virtuaaliympäristö, jossa tutkittavalla oli kaksi tehtävää; 1. kävele virtuaaliympäristössä, 2. pään ja vartalon sivuttaisliikkeellä kiikkulaudalla olevan pallon vierittäminen toiselle puolelle.</p> <p>Tutkimusotokseen kuului kahdeksan henkilöä, joilla oli keskimääräisesti toimintakykyä alentava halvaus (FIM-tulos 36-62). Tutkimusryhmällä VR, (n=4) oli fysioterapiaa 2 krt / vk yhden tunnin ajan, joista toinen toteutettiin VR-kuntoutuksena. Kontrolliryhmällä, CT, (n=4) oli 2 krt / vk perinteistä fysioterapiakuntoutusta. Interventio kesti 4 viikkoa, ja siihen sisältyi alku- ja lopputestit (Bergin tasapainotesti, CTSIB-M -testi ja TUAG – Timed Up and Go).</p>
Laitteisto	Samsung GearVR (puhelimena Samsung Galaxy S7)
Tulokset	<p>Bergin tasapainotestissä;</p> <ul style="list-style-type: none"> - CT paransi tulostaan 10,12 %, VR 17,27 % <p>CTSIB -testissä;</p> <ul style="list-style-type: none"> - kohdassa 1. CT 0 % (koska täydet pisteet), VR 16,67 % - kohdassa 2. CT 0 % (koska täydet pisteet), VR 23,33 % - kohdassa 3. CT 27,77 %, VR 33,9 % - kohdassa 4. CT 18,07 %, VR 44,16 %. <p>Ajan parannus TUAG-testissä;</p> <ul style="list-style-type: none"> - CT 10,38 s (34,58 s -> 24,2 s), - VR 21,15 s (51,52 s -> 30,37 s).
Huomiot	<p>Tutkijat raportoivat, että tutkittavien fysioterapeuttien mukaan VR-ryhmän jäsenet kävelivät virtuaalitodellisuudessa itsevarmemmin, paremalla ryhdillä ja nopeammin, verrattuna kyseisten henkilöiden normaaliin kävelyyn. Tutkimuksen aikana ei esiintynyt suurempaa pahoinvointisuutta, huimausta tai silmien väsymistä, mutta tätä ei tutkittu kyselylomakkeella.</p> <p>Luotettavuuden arvioinnissa huomioitava, ettei tutkimusta ilmeisesti ole vielä vertaisarvioitu vaan se on julkaistu konferenssin yhteydessä.</p>
lähdelinkki	http://ieeexplore.ieee.org/document/7801465/ , IEEE Xplore Digital Library.

Liite 4.

Tutkimuk- sen nimi	Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Study
Tekijä(t)	Mosadeghi, S., Reid, M. D., Martinez, B., Rosen, B. R. & Spiegel, B. M. R. Los Angeles, USA
Julkaisutie- dot	JMIR Ment Health 27.6.2016, 3, 2, 1-7.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää virtuaalitodellisuuslasien käytettävyyttä sairaalapotilaiden kivun ja ahdistuksen hoidossa. Tutkimusryhmästä poissuljettiin huonovointiset, AVH-potilaat, dementiaa sairastavat sekä eristyksessä olevat. Tutkittavat katsoivat virtuaalitodellisuuslasien kautta erilaisia elämysvideoita, kuten muun muassa Cirque du Soleilia ja Islannin maisemia.
Laitteisto	Samsung GearVR, puhelimena Samsung Galaxy Note 4
Tulokset	<p>510 potilaasta lopulta vain 5,9 % oli kykeneviä ja halukkaita osallistumaan tutkimukseen. 82,9 % poissuljettiin ja näistä jäljelle jäävistä 66 % kieltäytyi tutkimukseen osallistumisesta. Laitteen käyttöön liittyi paljon pelkoja ja ennakkoasenteita.</p> <p>Tutkittavista (n = 28) 14 piti laitetta mukavana, 13 epämukavana ja yksi kieltäytyi vastaamasta. Suurin osa tutkittavista (61%, 17/28) antoi kuitenkin laitteeseen liittyen positiivista palautetta. 12 potilasta uskoi laitteen käytön alentaneen ahdistusta, 4 uskoi pahentaneen. 21 potilasta uskoi laitteen käytön auttaneen kipuun.</p>
Huomiot	Tutkimusryhmässä ei ollut mukana AVH-potilaita, mutta tutkimuksen tuomat tulokset kertovat laitteeseen liittyvistä ennakkoasenteista ja käyttömukavuudesta sairaalapotilailla.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC27349654/ , PMC.

Liite 5.

Tutkimuk- sen nimi	Workstations for people with disabilities: an example of a virtual reality approach
Tekijä(t)	Budziszewski, P., Grabowski, A., Milanowicz, M. & Jankowski, J. Puola
Julkaisutie- dot	International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2016, 22, 3, 367-373.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksessa esitetään virtuaalinen työpiste, jota testataan kahden (n = 2) AVH-kuntoutujan avulla (1 mies ja 1 nainen). Tarkoituksena on tutkia, voidaanko virtuaalisesti simuloidulla työllä arvioida työkykyä henkilöillä, joilla on yläraajan toiminnan vaje. Kumpikin tutkittavista kykenee työskentelemään vain vasemmalla yläraajallaan.</p> <p>Tutkimusta varten luotiin kaksi erilaista ihmisen virtuaalista mallinnusta sekä virtuaalinen työpiste. Virtuaalinen työpiste esittää oikeaa hiontakonetta ja tutkittava tekee sen äärellä yksinkertaista asettelutyötä.</p> <p>Tutkittavat saivat esittää korjausehdotuksia työnteon tehostamiseksi. Esimerkiksi tutkittava nro 1. pyysi laitteen kontrollipaneelia lähemmäs vasenta yläraajaa ja alentamaan ovenkahvoja. Tutkittava nro 2. pyysi näiden lisäksi korkeampaa tuolia.</p>
Laitteisto	HMD: EMagin Z800 3D Visor, yläraajan liikkeiden mallinnus: 5DT Data Gloves 14 Ultra, trakkäys: Polhemus Liberty (USA).
Tulokset	Tutkittavien omien korjausehdotuksien avulla heidän työnopeutensa kasvoi lähes kaikissa työn osatehtävissä. Tuloksien mukaan virtuaalisella työpisteellä voidaan arvioida kykeneekö yläraajan toiminnanvajeuksen omaava kuntoutuja selviämään kaikista tarpeellisista työtehtävistä ja esittämään tähän liittyen kehittämissuhteita.
Huomiot	Tutkimusryhmä koostui AVH-kuntoutujista. Työ tehtiin kuitenkin vasemmalla kädellä, eikä siinä keskitytty oikean yläraajan toiminnanvajeuksen kuntouttamiseen. Tutkimus antaa kuitenkin mielenkiintoisen vaihtoehdon AVH-kuntoutukseen työkyvyn kehittämisen ja arvioinnin osalta. Tutkimuksessa ei huomioitu laitteen käyttökokemuksia.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4960503/ , PMC.

Liite 6.

Tutkimuksen nimi	Virtual reality and brain computer interface in neurorehabilitation
Tekijä(t)	Salisbury, D. B., Dahdah, M., Driver, S., Parsons T. D. & Richter, K. M.
Julkaisutiedot	Baylor University Medical Center Proceedings 2016, 29, 2, 124-127. Dallas, Texas, USA
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen kokotekstissä esitellään kaksi tutkimusta, joissa hyödynnetään virtuaalitodellisuuslaseja neurologisessa kuntoutuksessa. Näistä ensimmäinen jätetään huomiotta, sillä se käsittelee selkäydinvammutuneita.</p> <p>Toisen tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden erilaisen virtuaaliympäristön hyödyntämistä hankitun aivovamman intensiivisessä kuntoutusohjelmassa. Tutkimusryhmästä (n = 20) 43 % (n = 9) on AVH-kuntoutujia, heidän lisäksi tutkimusryhmään kuuluu TBI-potilaita 29 % (n = 6), axonisen vaurion potilaita 10 % (n = 2), aivokasvainpotilaita 14% (n = 3) sekä yksi amyloidi angiopatia potilas (5 %). Lisäksi käytettiin kontrolliryhmää (n = 9).</p> <p>Tutkimuksessa kuntoutettiin tutkittavien kognitiivisia ominaisuuksia (joustavuus, työmuisti, monimutkaiset tarkkaavuusprosessit, kongitiivinen ja motorinen inhibiitio sekä prosessointinopeus). Tehtävät koostuivat virtuaaliympäristössä tapahtuvista inhibiointitehtävistä, joita tehtiin haastavimmiksi kuntoutujan kehittyessä. Neljän viikon aikana suoritettiin kahdeksan harjoittelusessiota.</p> <p>Virtuaaliympäristöinä toimivat virtuaalinen talo (ClinicaVR: Apartment Stroop) sekä virtuaalinen luokkahuone (VR Classrooms).</p> <p>Alku- ja lopputestit olivat: ANAM (Stroop), Go-No Go, Woodcock-Johnson 3rd Edition Pair Cancellation, Delis-Kaplan Executive Functions System Color-Word Interface test. Lisäksi SSQ-kysely laitteen käyttökokemusten raportoimiseksi.</p>
Laitteisto	HMD: Z800 3D Visor
Tulokset	<p>AVH-kuntoutujilla ei ollut eroa häiriötekijöiden reaktioajassa kontrolliryhmään verrattuna ClinicaVR-ympäristössä, mutta kuntoutujien vastausaika oli merkittävästi hitaampi.</p> <p>SSQ-kyselyn mukaan kuudella tutkittavalla 21 tutkittavasta oli sessionjälkeistä väsymystä, päänsärkyä, silmien väsymystä ja sumentunutta näköä. Neljännen session jälkeen huomioiden määrä rajoittui neljään tutkittavaan. Yksikään tutkittavista ei keskeyttänyt tutkimusta vapaaehtoisesti. Tutkittavat pitivät virtuaaliympäristöä realistisena ja kokivat kehittyneensä sessioiden aikana.</p>
Huomiot	Tutkimuksessa ei tutkittu pelkästään AVH-kuntoutujia, mutta heidän tuloksensa on eritelty muusta tutkimusryhmästä. Tutkimusotos on AVH-

	<p>kuntoutujien osalta pieni, mutta tutkimuksesta saadaan laadullista tietoa HMD-järjestelmän käytöstä.</p> <p>Tutkijat toivovat tutkimuksen rohkaisevan yhteisöä selvittämään lisää virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä neurologisessa kuntoutuksessa.</p>
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4790543/

Liite 7.

Tutkimuk- sen nimi	Assessment of visual space recognition of patients with unilateral spatial neglect and visual defects using a head mounted display system
Tekijä(t)	Sugihara, S., Tanaka, T., Miyasaka, T., Izumi T. & Shimizu, K. Japani
Julkaisutie- dot	The Journal of Physical Therapy Science 2016, 28, 2, 332-338.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää uuden HMD-järjestelmän käyttöä monimutkaisen visuaalisen informaation esittämisessä, ja arvioida sen avulla visuaalista tilan tunnistamista. Tutkimusryhmä (n = 8) koostui henkilöistä, joilla on visuospatiaalinen neglect (USN) (n = 4) tai näkökenttäpuutoksia (VFD) (n = 4). Tutkimuksessa esitettiin pöydällä oleva viivojenetsimistehtäväpaperi kamerasi kautta HMD-järjestelmään, jolloin tehtäväpaperi korvasi tutkittavalta koko näkökentän. Tämä mahdollistaa pään ja var- talon liikkeiden poissulkemisen visuaalisen havaintokyvyn arvioinnissa. Tutkittavan silmän liikkeitä seurattiin kameroilla.</p> <p>Tutkittavat suorittivat viivojenetsimistehtävän neljässä eri menetelmässä: 1. ei vähennystä kuvassa, 2. kuvan keskiosan 80 % vähennys, 3. kuvan oikeassa reunassa 80 % vähennys ja 4. kuvan vasemmassa reunassa 80 % vähennys.</p>
Laitteisto	Tarkkaa HMD-laitetta ei tiedossa, koostuu kahdesta LCD-paneelistä. Silmien liikkeet kuvattiin kahdella CMOS-kameralla.
Tulokset	<p>VFD-ryhmällä ei ollut eroa tuloksissa eri menetelmissä. Silmien asento oli enemmän vasemmalla menetelmissä 1., 2. ja 4., mutta enemmän oikealla menetelmässä 3.</p> <p>USN-ryhmällä oli enemmän vääriä vastauksia paperin vasemmalla puolella verrattuna oikeaan puoleen, kun viivojenetsimistehtävä tehtiin HMD-järjestelmässä. Heidän silmien asento oli enemmän oikealla kaikissa menetelmissä. VFD-ryhmä käänsi päätään enemmän oikealle, kun taas USN-ryhmä käänsi päätään vasemmalle.</p>
Huomiot	Tutkijoiden mukaan tämän tyyppistä menetelmää voitaisiin myös käyttää myös visuaalisen oirekuvan kuntoutuksessa. Tutkimuksessa hyödynnetään täydennettyä todellisuutta virtuaalitodellisuuden sijaan.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4792969/ , PMC.

Liite 8.

Tutkimuk- sen nimi	Perceptual and locomotor factors affect obstacle avoidance in persons with visuospatial neglect
Tekijä(t)	Aravind, G. & Lamontagne, A. Kanada
Julkaisutie- dot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 19.3.2014, 11, 38, 1-10.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia visuospatiaalista neglectiä sairastavien kykyä havainnoida kävelynsä aikana paikallaan olevia sekä liikkuvia esteitä virtuaaliympäristössä. Tutkimuksessa testattiin: 1. kykyä havainnoida liikkuva este (havaintomotoriikka) ja 2. väistää tätä liikkuvaa estettä (lokomotoriikka).</p> <p>Tutkimusryhmä koostui 12:sta henkilöstä, joilla on visuospatiaalinen neglect.</p> <p>Virtuaaliympäristössä (12 x 8 m) oli kolme pylvästä. Testattavat kävelivät näistä keskimmäisen takana olevaa palloa kohti (11 m). Kävelyn aikana yksi pylväistä lähestyy testattavaa 0,75 m/s vauhdilla, jolloin testattavan on reagoitava lähestyvään esteeseen; lokomotoriikkaa testattaessa väistää sitä ja havaintomotoriikkaa testattaessa painaa joystickin nappia.</p>
Laitteisto	HMD: nVisor SX60, liikkuminen: joystick (Logitech Attack3)
Tulokset	Henkilöt joilla on visuospatiaalinen neglect ovat suuremmassa riskissä törmätä liikkuviin esteisiin, jotka lähestyvät edestä ja kontralesionaaliselta puolelta.
Huomiot	Tutkimus osoittaa, että HMD-järjestelmällä ja virtuaaliympäristöllä voidaan luoda täysin kontrolloitu testiympäristö tutkimuksia varten. Näin voidaan tutkia ja arvioida luotettavasti arkielämään liittyviä tilanteita tai skenaarioita. Tutkijoiden mukaan tutkimuksen aikana ei noussut esiin HMD-laitteen käytöstä johtuvia sivuvaikutuksia.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3994560/ , PMC

Liite 9.

Tutkimuk- sen nimi	Upper extremity rehabilitation of stroke: Facilitation of corticospinal excitability using virtual mirror paradigm
Tekijä(t)	Kang, Y. J., Park, H. K., Kim, H. J., Lim, T., Ku, J., Cho, S., Kim, S. I. & Park, E. S. Korea
Julkaisutie- dot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 9, 71, 1-8.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia kortikospinaalisen radan aktivoitumiseroja oikeaa ja virtuaalista peiliterapiaa käytettäessä. Tutkimusryhmä koostuu hemiplegia-oireisista (n = 18) ja terveestä kontrolliryhmästä (n = 18).</p> <p>Tutkittavat suorittivat satunnaisessa järjestyksessä kaksi tutkimusosaa: 1. oikea peili vs. virtuaalinen peili, 2. virtuaalinen peili jatkuvalla visuaalisella palautteella vs. virtuaalinen peili ajoittaisella visuaalisella palautteella. Perinteisessä peiliterapia -osiossa testattavan tuli koukistaa rannettaan 60 asteen plantaarifleksioon. Virtuaalisessa peiliterapia -osiossa testattavan tuli koukistaa rannettaan niin (60 astetta), että hän saa otettua kiinni virtuaalisesta mukista.</p>
Laitteisto	HMD: EMagin Z800 3D Visor, nivelkulmien mittausta: EP50S Autronics Co, transkraniaalinen magneettistimulaatio: MagVenture MagPro, elektro-myografia: AlpinebioMed Keypoint.
Tulokset	Virtuaaliympäristössä tapahtuvassa peiliterapiassa MEP amplituudit olivat suuremmat verrattuna perinteiseen peiliterapiaan sekä tutkimus- että kontrolliryhmällä (tutkimusryhmällä 44,2 %, kontrolliryhmällä 46,3% suuremmat). Virtuaaliympäristössä tapahtuvassa peiliterapiassa oli merkittävästi tehokkaampaa käyttää satunnaista visuaalista palautetta jatkuvaan visuaaliseen palautteeseen verrattuna. Tuloksien mukaan peiliterapia saattaa olla tehokkaampaa, mikäli se tehdään virtuaaliympäristössä.
Huomiot	Virtuaaliympäristössä peiliterapia oli tehtäväkeskeistä (tartu mukiin), kun taas perinteinen peiliterapia tapahtui pelkkänä ranteen koukistamisena. Tutkijoiden mukaan tehtäväkeskeisyys voidaan nähdä motivoivampana ja interaktiivisempana, mikä voi vaikuttaa tutkimustuloksiin menetelmiä verrattaessa. Tutkimusryhmä koostui suhteellisen hyväkuntoisista avh-kuntoutujista, joten tutkijoiden mukaan tutkimustuloksia ehkä kyseenalaista yleistää koko avh-kuntoutujien joukkoon.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3543207/ , PMC.

Liite 10.

Tutkimuk- sen nimi	A fully immersive set-up remote interaction and neurorehabilitation based on virtual body ownership
Tekijä(t)	Perez-Marcos, D., Solazzi, M., Steptoe, W., Oyekoya, O., Frisoli, A., Weyrich, T., Steed, A., Tecchia, F., Slater, M. & Sanchez-Vives, M. Espanja
Julkaisutie- dot	Frontiers in Neurology, 10.7.2012, 3, 110, 1-9.
Tarkoitus, tavoite ja menetel- mät	<p>Artikkelissa esitellään telekuntoutukseen soveltuva menetelmä, jossa yhdistetään virtuaalitodellisuuden immersion hyödyt haptiseen robottijärjestelmään.</p> <p>Menetelmässä luodaan virtuaalinen vastaanotto, jossa tutkittava on läsnä virtuaalisesti luodussa vastaanottohuoneessa HMD-laitteen avulla. Tutkit-tavan yläraajaa arvioidaan haptisen GRAB-järjestelmän avulla, joka siirtää informaation tutkivalle lääkärille. Tutkija näkee tutkittavan virtuaalisen mallinnuksen pöydän toiselle puolelle asetetusta näytöstä ja voi esimer-kiksi arvioida tutkittavan yläraajan liikkeitä visuaalisesti ja puristusvoimaa GRAB-laitteen välityksellä.</p>
Laitteisto	HMD: NVIS SX111, pään liikkeet: 6-DOF Intersense IS-900, liikkeiden mal-linnus: Microsoft Kinect sekä Optitrack, haptiikka: GRAB-laitteet.
Tulokset	Kyseessä on tutkijoiden mukaan mahdollisesti ensimmäinen kerta, kun etäkuntoutusjärjestelmässä hyödynnetään koko kehon virtuaalista mallin-tamista ja täysin immersivistä virtuaaliympäristöä.
Huomiot	Menetelmässä luotiin illuusio, jossa tutkittava ja tutkija olisivat samassa ti-lassa. Näin tuodaan esille kasvokkain tapahtuvan kommunikoinnin hyödyt etäkuntoutukseen. Artikkelissa ei ole kyse kokeellisesta tutkimuksesta, vaan etäkuntoutusmenetelmän esittelystä näyttöön perustuvaan tietoon suhteutettuna.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3392697/ , PMC.

Liite 11.

Tutkimuk- sen nimi	Virtual exercises to promote cognitive recovery in stroke patients: the comparison between head mounted displays versus screen exposure methods
Tekijä(t)	Gamito, P, Oliveira, J., Santos, N., Pacheco, J., Morais, D., Saraiva, T., Soares, F., Mayor, C. S. & Barata, A. F. Portugali
Julkaisutie- dot	International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 10.-12.7.2012, 12, 1. International Journal on Disability and Human Development, syyskuu 2014, 13, 3.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia WoW- ja HMD-ratkaisujen eroja AVH-potilaiden kognitiivisen toimintakyvyn kuntouksessa. Tutkimusryhmä (n = 17) jaettiin pöytäkone (n = 9) ja HMD (n = 8) ryhmiin. Kognitiivista toimintakykyä arvioitiin tutkimuksen alussa ja lopussa MMET (Mini Mental Examination Test), WMS-III (Wechslers Memory Scale), RCF (Rey Complex Figure) ja TP (Toulouse Piéron) testeillä.</p> <p>Virtuaaliympäristönä toimi Unity 2.5 -ohjelmalla luotu pieni kaupunki, jossa oli kahden huoneen asunto ja mini-marketti. Tutkittavat tekivät virtuaaliympäristössä erilaisia työmuistia, visuospatiaalista orientaatiota sekä selektiivistä huomiota vaativia tehtäviä, kuten esimerkiksi tiettyjen tavaroiden ostaminen tietyllä summalla rahaa.</p> <p>Tutkimuksessa toteutettiin yhteensä 12 sessiota (1 krt / vk). Ensimmäisellä kerralla tehtiin alkutestit. Toisella ja kolmannella totutettiin tutkittava laitteen käyttöön ja virtuaaliympäristöön. Yhdeksän sessiota käytettiin virtuaaliympäristössä tapahtuvien tehtävien suorittamiseen.</p>
Laitteisto	HMD: EMagin Z800, pöytäkoneen näyttö: Asus VE228D
Tulokset	Tutkittavien tulokset kasvoivat merkittävästi WMS, RCF ja TP-testeissä. Tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa käytetyn laitteiston perusteella.
Huomiot	Tutkimusta ei ole julkaistu tieteellisessä tietokannassa, vaan kyseessä on konferenssijulkaisu, mikä on otettava huomioon tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa. Tutkijoiden mukaan virtuaaliympäristön ja erilaisten laitteiden tutkiminen on tulevaisuudessa tärkeää, sillä VR-teknologialla voi olla mahdollisuus vastata väestön ikääntymisestä johtuviin haasteisiin.
lähdelinkki	http://www.icdvrat.org/2012/papers/ICDVRAT2012_S12N1_Gamito_et al.pdf , ICDVRAT.

Liite 12.

Tutkimuk- sen nimi	Differential impact of partial cortical blindness on gaze strategies when sitting and walking – an immersive virtual reality study
Tekijä(t)	Iorizzo, D. B., Riley, M. E., Hayhoe, M. & Huxlin, K. R. Italia
Julkaisutie- dot	Vision Res. 25.5.2012, 51, 10, 1173-1184.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten kortikaalinen sokeus vaikuttaa henkilön katsestrategioihin istuma-asennossa ja kävelyn aikana. Tutkimusryhmä koostui 12:sta (7 miestä, 5 naista, ikä 50-83 vuotta) kortikaalisesti sokeasta ihmisestä. Kontrolliryhmä (n = 6). Tutkittavien tehtävä oli havainnoida virtuaaliympäristöön ilmestyvät koripallot, joita ilmestyi joka neljäs sekunti eri puolilta näkökenttää. Pallot ilmestyivät 12 metrin päästä tutkittavasta ja lensivät kahden sekunnin ajan tutkittavaa kohti, häviten näkyvistä yhden metrin etäisyydeltä tutkittavasta. Tutkittavan tehtävä oli kohdistaa katseensa koripalloon ja ylläpitää katsekontaktia koripallon häviämiseen saakka.
Laitteisto	HMD1-ryhmä: Virtual Research V8 (resoluutio 640 x 480, FOV 60 astetta diagonaalisesti, 48 astetta horisontaalisesti); pään liikkeet: HiBall-3000 Wide-Area High Precision Tracker; silmien liikkeet: ASL501. HMD2-ryhmä: Virtual Research VR1280 (resoluutio 1280 x 1024, FOV 60 astetta diagonaalisesti); pään liikkeet: InertiaCube 2+ ja Precision Position Tracker; silmien liikkeet: H-MIN6.
Tulokset	Istuma-asennossa tutkimusryhmä havaitsi noin 80 % koripalloista, kun kontrolliryhmä havaitsi lähes kaikki. Tutkimusryhmä ei tehnyt suurempia pään liikkeitä kontrolliryhmään verrattuna istuma-asennossa, mutta heidän pään fiksaatio oli jatkuvasti näkökenttäpuutoksen puolella. Kävelyn aikana tutkimusryhmä havaitsi 58 % koripalloista, kun kontrolliryhmä havaitsi noin 90 %. Tutkimusryhmän pään fiksaatio muistutti kävelyn aikana enemmän kontrolliryhmälle ominaista pään asentoa. Koripallon havaitessaan tutkimusryhmä ylläpiti katsettaan lähempänä lattiaa, kun kontrolliryhmä nosti katseensa näkökentän ylempiin osiin. Tutkimustulosten mukaan kortikaalisesti sokeiden ihmisten katsestrategiat ovat vahvimmissaan istuma-asennossa. Kävelyn aikana nämä strategiat hälvenevät ilmeisesti kävelyn mahdollistamiseksi, mutta tämä vaikuttaa perifeeristen havaintojen tekemiseen.
Huomiot	Tutkimuksessa ei raportoitu HMD-laitteesta aiheutuvia sivuvaikutuksia.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3093191/ , PMC.

Liite 13.

Tutkimuk- sen nimi	Viewing medium affects arm motor performance in 3D virtual environ- ments
Tekijä(t)	Subramanian, S. K. & Levin, M. F. Kanada
Julkaisutie- dot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2011, 8, 36.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko HMD-laitteen (HMD) ja suu- ren projektionäytön (SPS) käytössä eroja aivoverenkiertohäiriötä sairasta- van henkilön yläraajan kinematiikassa. Tutkimusryhmä koostui hemipa- reettisista AVH-kuntoutujista (krooninen vaihe, n = 20) sekä terveestä kontrolliryhmästä (n = 10). Tutkimusryhmä jaettiin Fugl-Meyer Assessment -testin yläraajaosion avulla kahteen alaryhmään; lievä (FMA tulos 50/66 tai enemmän) ja keskiverto-vakava (FMA tulos 49/66 tai vähemmän). Kurotus- tehtävänä toimi kuuden ”hissin napin” painaminen virtuaaliympäristössä.
Laitteisto	HMD: Kaiser XL50 (resoluutio 1024 x 768, FOV 40 astetta horisontaalisesti, virkistystaajuus 60 Hz, paino 1kg). SPS: 2 x 1,5 m valkokangas, johon heijas- tettiin kuva kahdella projektorilla ja tutkittavat käyttivät polarisoituja la- seja sekä baseball-kypärää (paino 220g). Äärinäkö suljettiin pois mustalla kankaalla. Liikkeet: Optotrak Certus Motion Capture System.
Tulokset	Ryhmillä ei ollut eroja liikeradan suorudessa, hartian fleksiossa, hartian horisontaalisessa abduktiossa eikä keskivartalon sagittaalisessa asennossa HMD- tai SPS-järjestelmän välillä. Kaikki tutkittavat tekivät suurempia vir- heitä yläraajan vertikaalisessa suunnassa HMD-laitteella verrattuna SPS- järjestelmään. Kontrolliryhmä teki suurempia virheitä sagittaalisessa ta- sossa HMD-laitteella verrattuna SPS-järjestelmään. Keskiverto-vakava -ryh- mällä oli 22 % nopeammat liikkeet HMD-laitteessa kuin SPS-järjestelmässä.
Huomiot	Tutkimuksessa käytetty HMD-laitteiston on nykyaikaisiin laitteisiin verrat- tuna vanhanaikaista, mikä voi vaikuttaa testitulosten hyödyntämiseen ny- kypäivänä (vrt. esimerkiksi Anglin ym. 2017).
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3145562/ , PMC.

Liite 14.

Tutkimuk- sen nimi	A case study of new assessment and training of unilateral spatial neglect in stroke patients: effect of visual image transformation and visual stimulation by using a head mounted display system (HMD)
Tekijä(t)	Tanaka, T., Ifukube, T., Sugihara, S. & Izumi, T. Japani
Julkaisutie- dot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2010, 7, 1, 20.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Case-tutkimus, jossa tutkitaan uuden HMD-järjestelmän hyödyntämistä visuospatiaalisen neglectin arvioinnissa. Tutkimusryhmä koostui kahdesta (A ja B) AVH-kuntoutujasta, joilla on vasemman puolen neglect-oire. Ennen tutkimusta arvioitiin neglect-oireen vaikutus ADL-toimintoihin FIM-testin avulla (The Functional Independence Measure). Tutkimuksessa arvioitiin neglect-oiretta kliinisen viivojenetsimistehtävän lisäksi kuudella erilaisella erikoistestillä virtuaaliympäristössä objektisentrisillä koordinaateilla (OC) sekä ekosentrisillä koordinaateilla (EC).</p> <p>OC-osioissa testipaperin kuva siirretään CCD-kameran kautta tutkittavan näkökenttään, eikä tutkittavan näkökenttä liiku pään liikkeen mukaisesti. EC-osiossa CCD-kamera on HMD-laitteessa kiinni, jolloin tutkittavan näkökenttä liikkuu pään liikkeitä mukaillen.</p>
Laitteisto	HMD: FX601 GEOMC (resoluutio 640 x 480). Videokamera: CCD Camera.
Tulokset	Testattava A sai perinteisellä testillä oikeita vastauksia 100% paperin vasemmalta ja oikealta puolelta. OC-osiossa oikeiden vastauksien määrä putosi paperin oikealla puolella 94%:iin ja vasemmalla puolella 44%:iin. Tutkimuksen mukaan HMD-laitteen avulla saatetaan kyetä arvioimaan tarkemmin kliinisillä testeillä vaikeasti havaittavaa vasemman puolen neglect-oiretta.
Huomiot	Vaikka tutkimuksessa hyödynnettiin HMD-laitetta, on kyse itseasiassa täydennetyn todellisuuden hyödyntämisestä. Tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä voitaisiin kuitenkin hyödyntää myös virtuaaliympäristöä suunniteltaessa.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3145562/ , PMC.

Liite 15.

Tutkimuk- sen nimi	Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a randomised pilot study
Tekijä(t)	Crosbie, J. H., Lennon, S., McGoldrick, M. C., McNeill, M. D. J., Burke, J. W. & McDonough, S. M. Irlanti
Julkaisutie- dot	International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 2008, 6, 2. Julkaistu Clinical Rehabilitation julkaisussa 26.9.2012, 798-806.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia virtuaaliympäristössä tapahtuvan yläraajaharjoittelun (VR-ryhmä) eroja perinteiseen fysioterapiaharjoitteluun (ST-ryhmä) verrattuna. VR-ryhmä (n = 9, sairastumisesta keskimäärin 10 kk), ST-ryhmä (n = 9, sairastumisesta keskimäärin 11,7 kk). Ryhmille tehtiin Upper Limb Motricity Index (MI-testi) ja Action Research Arm Test (ARAT) -testit tutkimuksen alussa, intervention lopussa sekä 6 viikon jälkeen jatkotutkimuksessa.</p> <p>VR-ryhmä harjoitteli kolmen viikon ajan yhteensä yhdeksän sessiota, joiden kesto oli yhden tunnin sisältäen valmisteluajan. Ryhmä teki virtuaaliympäristössä erilaisia pelillisiä harjoitteita, jotka sisälsivät perinteisten kurotusharjoituksien lisäksi muun muassa hiiren lyönti pelin. ST-ryhmä suoritti perinteistä fysioterapeuttista harjoittelua, johon sisältyi venytys- ja lihasvoima- sekä fasilitointiharjoituksien lisäksi funktionaalisia tehtäviä.</p>
Laitteisto	HMD: Cy-Visor DH4400VP (resoluutio 800 x 600, FOV 60 astetta horisontaalisesti). Käden liikkeet: 5DT stretch Lycra -hanska. Yläraajan liikkeet: An Ascension Flock-Of-Birds -magneettisensorit.
Tulokset	VR- ja ST-ryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja intervention jälkeen. Molemmat ryhmät kasvattivat tulostaan MI- ja ARAT-testeissä.
Huomiot	Tutkimus on julkaistu vuonna 2012 Clinical Rehabilitation -julkaisussa. Tutkimuksesta on luettu vuonna 2008 tehty versio. Tutkimuksessa raportoitiin HMD-laitteesta johtuvia sivuvaikutuksia; yksi tutkittava keskeytti ensimmäisen session jälkeen ja kaksi jatkanutta raportoi lievää huimausta ja päänsärkyä. Tutkimuksessa käytetty laitteisto on nykypäivään suhteutettuna vanhentunutta. Tutkimuksessa käytettiin myös pientä tutkimusotosta, mikä voi vaikuttaa tutkimustuloksiin.
lähdelinkki	http://www.icdvrat.org/2008/papers/ICDV RAT2008_S06_N02_Crosbie et al.pdf , ICDVRAT. Linkki alkuperäiseen konferenssijulkaisuun.

Liite 16.

Tutkimuksen nimi	Modulation of walking speed by changing optic flow in persons with stroke
Tekijä(t)	Lamontagne, A., Fung, J., McFadyen, B. J. & Faubert, J.
Julkaisutiedot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2007, 4, 22.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia virtuaaliympäristön avulla luodun optisen virtauksen vaikutusta AVH-kuntoutujan kävelynopeuteen. Tutkimusryhmä koostui 12:sta AVH-kuntoutujasta. Kontrolliryhmänä toimi 12 perusterveä ihmistä. Tutkimuksessa tutkittavat kävelivät kävelymatolla virtuaalista käytävää pitkin, jonka visuaalinen esittäminen tapahtui HMD-laitteen kautta.
Laitteisto	HMD: Kaiser XL50 (resoluutio 1024 x 768, FOV 40 astetta horisontaalisesti, virkistystaajuus 60 Hz).
Tulokset	Optisen virtauksen manipuloinnilla voidaan vaikuttaa AVH-potilaan kävelynopeuteen. Optisella virtauksella saatiin AVH-kuntoutujien kävelynopeutta kasvatettua jopa 44 % hetkellisesti testin ajaksi. Tutkimuksessa kävelynopeutta hitaampi optinen virtaus aiheutti kävelynopeuden kasvamista.
Huomiot	Tutkimuksessa ei raportoitu HMD-laitteen käytöstä johtuvia sivuvaikutuksia. Tutkijoiden mukaan tutkimustuloksia voidaan hyödyntää AVH-potilaiden kävelykuntoutuksessa.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17594501 , PMC.

Liite 17.

Tutkimuk- sen nimi	Virtual reality environments for post-stroke arm rehabilitation
Tekijä(t)	Subramanian, S., Knaut, L. A., Beaudoin, C., McFadyen, B. J., Feldman, A. G. & Levin, M. F.
Julkaisutie- dot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 22.6.2007, 4, 20.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia yläraajaharjoittelun eroja virtuaalissa ja todellisessa ympäristössä. Tutkimusryhmä koostui 15:sta hemipareesipotilaasta. Kontrolliryhmänä toimi kahdeksan saman ikäistä henkilöä.</p> <p>Kurostustehtävä tapahtui kuuden numeroidun ”hissin napin” painamisena. Testi toteutettiin todellisessa ja virtuaalisessa ympäristössä. Virtuaaliympäristöön tehtiin testitilanne geometrisesti identtisesti todellisessa ympäristössä suoritettavaan testiin verrattuna.</p> <p>Virtuaaliympäristöön kyettiin liittämään positiivisia ja negatiivisia palaute-elementtejä äänien ja värien muodossa perustuen tutkittavan suoritusnopeuteen, tarkkuuteen ja vartalon asentoihin.</p>
Laitteisto	HMD: Kaiser XL50 (resoluutio 1024 x 768, FOV 40 astetta horisontaalisesti, virkistystaajuus 60Hz), yläraajan liikkeet: CyberGlove, vartalon liikkeet: Optotrack Motion Capture System.
Tulokset	Kontrolliryhmä suoritti kurotustehtävät kaksi kertaa tutkimusryhmää nopeammin. Molemmilla ryhmille kurotusnopeus oli hitaampi virtuaaliympäristössä. Kurotusliikkeet olivat hieman epätarkempia ja kaarevampia virtuaaliympäristössä todelliseen ympäristöön verrattuna.
Huomiot	Tutkijoiden mukaan kaikki tutkittavat kertoivat virtuaaliympäristössä tapahtuvan harjoittelun olevan mukavampaa ja motivoivampaa todellisessa ympäristössä tapahtuvaan harjoitteluun verrattuna. Kaksi tutkittavaa ei jostain syystä voinut käyttää HMD-laitetta, mutta tästä ei ole tutkimuksessa tarkempaa raportointia.
lähdelinkki	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1920518/ , PMC.

Liite 18.

Tutkimuksen nimi	A preliminary study of clinical assessment of left unilateral spatial neglect using a head mounted display system (HMD) in rehabilitation engineering technology
Tekijä(t)	Tanaka, T., Sugihara, S., Nara, H., Ino, S. & Ifukube, T.
Julkaisutiedot	Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 5.4.2005, 2, 31.
Tarkoitus, tavoite ja menetelmät	<p>Tutkimuksessa oli tarkoituksena testata HMD-järjestelmän hyödyntämistä neglect-oireen arvioinnissa. Tutkimusryhmä koostui kahdeksasta ihmisestä, joilla on vasemmanpuoleinen neglect-oire (vaurio oikealla aivopuoliskolla varmistettiin CT-kuvauksella). Tutkimuksen alussa tehtiin FIM- sekä modifioitu Halligans -testi.</p> <p>Tutkimuksessa neglect-oiretta arvioitiin perinteisellä kynä-paperi testillä (BIT – Behavioral Inattention Test) ja tutkimusosassa HMD-laitteen kautta erikoistesteillä:</p> <p>Zoom-in osiossa tutkittavan näkökenttä korvautuu kokonaan testipaperilla;</p> <p>Zoom-out osiossa testipaperin koko on 0,7-kertainen Zoom-in osioon verrattuna.</p>
Laitteisto	HMD: GT270, Canon Inc. Ei tarkempia tietoja. Tutkimuksessa käytettiin lisäksi kahta videokameraa.
Tulokset	Kynä-paperi testissä testattavien keskiarvo oikeista vastauksista paperin vasemmalla puolella oli 94,4 %. Zoom-in osiossa vasemman puolen oikeita vastauksia oli 61,8 %, oikealla puolella 92,4 %. Zoom-out osiossa vasemman puolen oikeita vastauksia oli 79,9 % ja oikealla puolella 91,7 %.
Huomiot	Tutkijoiden mukaan HMD-laitteen käytöstä ei noussut esiin negatiivisia sivuvaikutuksia. Tutkittavien mielestä he näkivät testipaperin kirkkaampana ja selkeämpänä HMD-laitteen kautta esitettynä. Tutkimuksessa hyödynnetään täydennettyä todellisuutta virtuaalitodellisuuden sijaan.
lähdelinkki	https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-2-31 , BioMed Central.